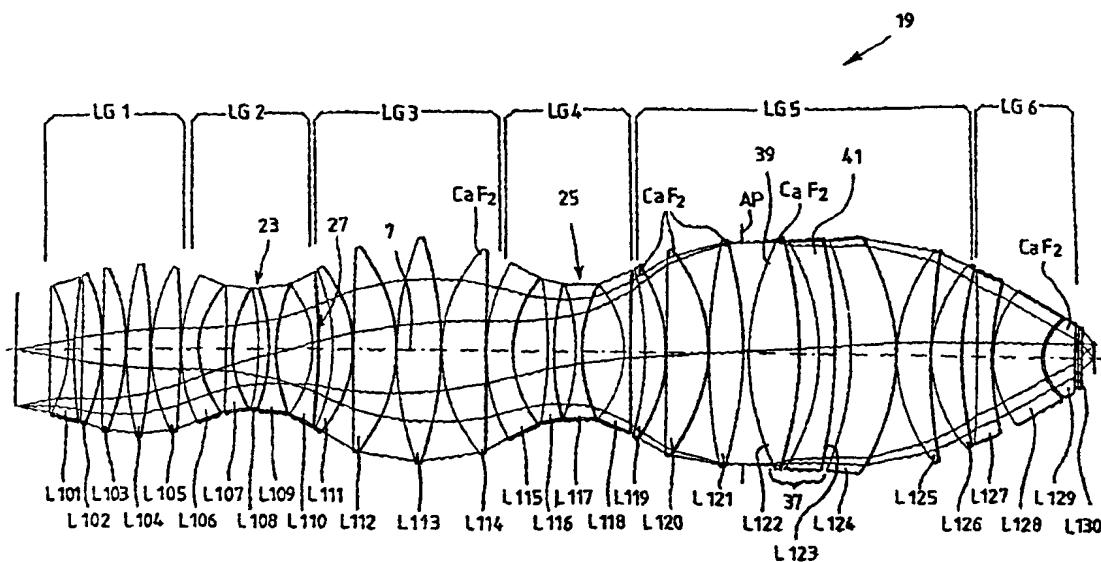


| | | |
|---|----|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G03F 7/20, G02B 13/18, 13/14 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/70407 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 23. November 2000 (23.11.00) |
|---|----|---|

| | |
|--|---|
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/10233 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 1999 (23) Prioritätsdaten: 199 22 209.6 14. Mai 1999 (14.05.99) DE (71) Anmelder (nur für DE FR NL): CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE). (71) Anmelder (nur für GB IE JP KR): CARL-ZEISS-STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUSTER, Karl-Heinz [DE/DE]; Rechbergstrasse 24, D-89551 Königsbronn (DE). | (81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> |
|--|---|

(54) Title: PROJECTION LENS FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung: PROJEKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE



(57) Abstract

The invention relates to a projection lens, comprising a lens assembly which has at least one first narrowing of the group of light beams. A lens (L205, L305, L405, L505, L605) with a non-spherical surface (29) is located in front of and/or a lens (L210, L310, L409, L509, L609) with a non-spherical surface (27) is located behind the first narrowing (23).

(57) Zusammenfassung

Projektionsobjektiv mit einer mindestens eine erste Taille des Lichtbündels aufweisenden Linsenanordnung, wobei eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) vor und/oder eine Linse (L210, L310, L409, L509, L609) mit einer asphärischen Oberfläche (27) nach der ersten Taille (23) angeordnet ist.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |

PROJEKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE

Die Erfindung betrifft ein Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung, die in sechs Linsengruppen unterteilbar ist. Die erste, dritte, fünfte und sechste Linsengruppe weisen positive Brechkraft auf und die zweite und vierte Linsengruppe weisen jeweils negative Brechkraft auf. Im folgenden wird die Unterteilung des Linsensystems in Linsengruppen näher ausgeführt, wobei die Ausbreitungsrichtung der Strahlung zugrunde gelegt worden ist.

Die erste Linsengruppe ist positiv und endet mit einer Linse positiver Brechkraft. Durch die erste Linsengruppe wird ein Bauch gebildet, wobei es unerheblich ist, wenn in dem Bauch auch Negativlinsen angeordnet sind.

Die zweite Linsengruppe ist in ihrer Gesamtbrechkraft negativ. Diese zweite Linsengruppe weist als erste Linse eine bildseitig mit einer konkaven Linsenoberfläche ausgebildete Linse auf. Diese zweite Linsengruppe beschreibt im wesentlichen eine Taille. Auch hier ist es nicht maßgeblich, wenn einzelne positive Linsen in der zweiten Linsengruppe enthalten sind, solange die Taille erhalten bleibt.

Die dritte Linsengruppe beginnt mit einer Linse positiver Brechkraft, die bildseitig eine konvexe Linsenoberfläche aufweist und ein Meniskus sein kann. Ist als erste Linse eine dicke Meniskelinse vorgesehen, so kann innerhalb der Linse die Trennung der Linsengruppen gedacht sein.

Die vierte Linsengruppe ist von negativer Brechkraft. Diese vierte Linsengruppe beginnt mit einer Linse negativer Brechkraft, auf die mehrere Linsen mit negativer Brechkraft folgen. Durch diese Linsengruppe wird eine Taille gebildet. Es ist unerheblich, ob innerhalb dieser Linsengruppe auch Linsen positiver Brechkraft angeordnet sind, solange diese den Strahlenverlauf nur auf einer kurzen Distanz beeinflußt und somit die Taillenform der vierten Linsengruppe erhalten bleibt.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Die fünfte Linsengruppe ist in ihrer Gesamtheit von positiver Brechkraft. Die erste Linse dieser fünften Linsengruppe weist bildseitig eine konvexe Linsenfläche auf. Durch die fünfte Linsengruppe wird ein Bauch gebildet.

Nach der Linse mit dem maximalen Durchmesser (der Bauch) folgen noch mindestens zwei positive Linsen in der fünften Linsengruppe, wobei auch noch negative Linsen zugelassen sind.

Die sechste Linsengruppe ist ebenfalls positiv in ihrer Gesamtbrechkraft. Die erste Linse der sechsten Linsengruppe ist negativ und weist bildseitig eine konkave Linsenfläche auf. Diese erste Linse der sechsten Linsengruppe weist im Vergleich zum maximalen Durchmesser des Bauches einen wesentlich kleineren Durchmesser auf.

Solche Projektionsobjektive werden insbesondere in der Mikrolithographie eingesetzt. Sie sind z.B. aus dem unter Beteiligung des Erfinders entstandenen DE 198 55 108 A, DE 198 55 157 A, DE 198 55 158 A der Anmelderin und dem dort zitierten Stand der Technik bekannt. Diese Schriften sollen auch Inhalt dieser Anmeldung sein.

Herkömmlich werden diese Projektionsobjektive aus rein sphärischen Linsen aufgebaut, da die Herstell- und Prüftechnik für Sphären vorteilhaft ist.

Aus der DE 198 18 444 A1 sind Projektionsobjektive bekannt, die Linsen mit asphärischen Oberflächen zumindest in der vierten oder fünften Linsengruppe aufweisen. Durch die asphärischen Oberflächen konnte eine Erhöhung der Apertur sowie der Bildqualität erreicht werden. Die dargestellten Projektionsobjektive weisen eine Längenerstreckung von Maskenebene zur Bildebene von 1200 mm bis 1500 mm auf. Mit dieser Länge ist ein erheblicher Materialeinsatz verbunden. Mit diesem Materialeinsatz gehen hohe Herstellkosten einher, da aufgrund der geforderten hohen Bildqualität nur hochqualitative Werkstoffe eingesetzt werden können. Es werden asphärischen Linsen bis zu einem Durchmesser von ca. 300mm benötigt, womit ihre Bereitstellung besonders aufwendig ist. Es ist in der Fachwelt überhaupt nicht klar, ob asphärische Linsen mit derart großen

Linsendurchmessern in der erforderlichen Qualität bereitgestellt werden können. Unter asphärischen Flächen sind alle nicht kugelförmigen Oberflächen zu verstehen, die rotationssymmetrisch sind. Insbesondere können als asphärische Linsenflächen auch rotationssymmetrische Splines vorgesehen sein.

Der Erfindung lag die Aufgabe zu Grunde, ein Projektionsobjektiv zu schaffen, das bei verminderter Materialeinsatz möglichst wenige Linsen aufweist, wobei möglichst wenige, kleine und geringe Asphäritäten aufweisende asphärische Linsenflächen eingesetzt werden. Es soll so ein kurzbauendes hochaperturiges Projektionsobjektiv kostengünstig bereitgestellt werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird insbesondere durch die im Patentanspruch 1 oder 3 gegebenen Merkmale gelöst.

Durch die Maßnahme, in einem Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung in der vorderen Hälfte dieser Linsenanordnung mindestens eine mit einer asphärischen Linsenfläche versehene Linse vorzusehen, wurde die Möglichkeit geschaffen, ein kompakt bauendes Projektionsobjektiv, das eine hohe Bildqualität aufweist, bereitzustellen.

Bei Unterteilung dieser Linsenanordnung in sechs Linsengruppen, wobei eine erste Linsengruppe eine positive Brechkraft, eine zweite Linsengruppe eine negative Brechkraft, eine dritte Linsengruppe eine positive Brechkraft, eine vierte Linsengruppe eine negative Brechkraft und eine fünfte und sechste Linsengruppe jeweils eine positive Brechkraft aufweisen, ist eine bevorzugte Position der asphärischen Oberfläche am Ende der zweiten Linsengruppe. Dabei ist sie insbesondere auf der letzten Linse der zweiten Linsengruppe oder am Anfang der dritten Linsengruppe angeordnet, und zwar vorzugsweise auf der ersten Linse der dritten Linsengruppe. Mittels dieser asphärischen Linsenoberfläche ist insbesondere eine Korrektur von Bildfehlern im Bereich zwischen Bildfeldzone und Bildfeldrand möglich. Insbesondere können die Bildfehler höherer Ordnung, die bei Betrachtung von Sagittalschnitten deutlich werden, korrigiert werden. Da sich diese im Sagittalschnitt ersichtlichen Bildfehler besonders schwer korrigieren lassen, ist dies ein besonders wertvoller Beitrag.

In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel gemäß Anspruch 2 ist vorgesehen, daß nur eine Linse eine asphärische Oberfläche aufweist. Dies hat einen positiven Einfluß auf die Herstellungskosten, da gerade die Herstellung von asphärischen Oberflächen hoher Genauigkeit mit erheblichem technologischen Aufwand und demzufolge mit Kosten verbunden ist. Erst mit dem Einsatz genau einer Asphäre wurde es möglich ein sehr kompaktes Projektionsobjektiv zu schaffen, bei dem die Mehrkosten für die Asphäre nicht ins Gewicht fallen, da mit der Verringerung des erforderlichen Materials und der zu bearbeitenden und zu prüfenden Flächen erhebliche Kosteneinsparungen verbunden sind.

Durch die Maßnahme gemäß Anspruch 3, eine Linsenanordnung vorzusehen, die zumindestens eine erste Taille, eine asphärische Oberfläche vor und eine asphärische Oberfläche nach der Taille aufweist, ist eine Linsenanordnung geschaffen, die die Bereitstellung einer hohen Apertur bei hoher Bildqualität insbesondere für den DUV Bereich ermöglicht. Insbesondere ist es durch den Einsatz dieser asphärischen Oberflächen möglich, ein kurzbauendes Projektionsobjektiv mit einer hohen Bildqualität bereitzustellen. In der Mikrolithographie eingesetzte Objektive weisen im allgemeinen über ihre gesamte Erstreckung eine hohe Materialdichte auf, so daß mit der Reduzierung der Längenerstreckung eine erhebliche Materialeinsparung verbunden ist. Da bei Projektionsobjektiven insbesondere für die Mikrolithographie nur sehr hochwertige Materialien eingesetzt werden können, hat der erforderliche Materialeinsatz einen massiven Einfluß auf die Herstellungskosten.

Die vor der ersten Taille angeordnete asphärische Oberfläche kann am Ende der ersten Linsengruppe oder am Anfang der zweiten Linsengruppe angeordnet sein. Weiterhin hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, eine nach der ersten Taille angeordnete asphärische Oberfläche auf der letzten Linse der zweiten Linsengruppe oder auf der ersten Linse der dritten Linsengruppe anzuordnen.

Durch die vor der ersten Taille vorgesehene asphärische Oberfläche ist insbesondere eine gezielte Korrektur der Koma im Bereich der Bildfeldzone möglich. Diese asphärische Linsenoberfläche hat auf die schiefe sphärische Aberration im Tangentialschnitt und im

Sagittalschnitt nur einen geringen Einfluß. Dahingegen kann durch die asphärische Linsenoberfläche nach der Taille die schiefe sagittale Aberration, insbesondere im Bereich zwischen Bildfeldzone und Bildfeldrand, korrigiert werden.

So ist das Vorsehen einer zweiten asphärischen Linsenoberfläche eine wertvolle Maßnahme, um bei erhöhter Apertur einer durch Koma begründeten Verringerung der Bildqualität entgegenzuwirken.

In einigen Anwendungsfällen, insbesondere mit sehr hoher Apertur, gemäß den Ansprüchen 7, 10 hat es sich als günstig herausgestellt, eine dritte asphärische Linsenoberfläche in der dritten Linsengruppe vorzusehen.

Es hat sich gemäß Anspruch 9 als vorteilhaft herausgestellt, in der sechsten Linsengruppe eine Linse mit einer asphärischen Fläche für eine weitergehende Korrektur der Koma, insbesondere auch im Bereich des Bildfeldrandes, bereitzustellen. Als prädestinierte Position hat sich für diese asphärische Linsenfläche insbesondere die erste Linse der sechsten Linsengruppe herausgestellt.

Weiterhin ist durch Vorsehen einer weiteren asphärischen Oberfläche auf der letzten Linse der dritten Linsengruppe eine Erhöhung der Apertur gemäß Anspruch 10 bei gleichbleibender Bildqualität möglich.

Es ist ein Vorteil der Erfindung gemäß Anpruch 17, daß asphärische Flächen auf langen Radien vorgesehen sind, da die Herstellung und Prüfung von Linsenflächen mit langen Radien einfacher ist. Diese Oberflächen sind für Bearbeitungsgeräte auf Grund der geringen Krümmung leicht zugänglich. Insbesondere sind Oberflächen mit langen Radien für taktile Meßverfahren mit kartesischen Koordinaten zugänglich.

Es hat sich gemäß Anspruch 13 als vorteilhaft herausgestellt, bei Projektionsobjektiven, die für eine Beleuchtungswellenlänge von kleiner als 200 nm ausgelegt sind, aufgrund der stärkeren Dispersion der Linsen auch bei Einsatz schmalbandiger Lichtquellen für eine Achromatisierung mindestens 2 verschiedene Materialien für die Linsen zu verwenden.

Neben Quarzglas sind insbesondere die Fluoride, insbesondere CaF_2 , als geeignetes Material bekannt.

Es hat sich gemäß Anspruch 14 als vorteilhaft herausgestellt, mindestens zwei Linsen, die vor einer Aperturblende in der fünften Linsengruppe angeordnet sind, zur Korrektur des Farbquerfehlers aus CaF_2 vorzusehen.

Zur weiteren Korrektur von Farbfehlern hat es sich gemäß Anspruch 15 als vorteilhaft herausgestellt, nach der Aperturblende mittels einer positiven CaF_2 Linse und einer folgenden negativen Quarzlinse einen Alt-Achromaten zu integrieren. Diese Anordnung wirkt sich günstig zur Korrektur der sphärischen Anteile aus. Durch die Linsen nach der Aperturblende sind insbesondere Farblängsfehler korrigierbar.

Schon allein aus der Verkürzung der Längenerstreckung des Projektionsobjektives resultiert im allgemeinen eine Reduzierung des Farblängsfehlers. Somit kann bei den erfundungsgemäßen Objektiven eine gute Achromatisierung bei einem reduzierten Einsatz von CaF_2 Linsen erreicht werden.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den weiteren Unteransprüchen angegeben.

Anhand einiger Ausführungsbeispiele wird die Erfindung im folgenden näher beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 schematische Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage;

Figur 2 Linsenschnitt durch eine erste Linsenanordnung eines Projektionsobjektives mit einer asphärischen Linsenoberfläche;

Figur 3 Linsenschnitt durch eine zweite Linsenanordnung, die zwei asphärische Linsenoberflächen aufweist;

Figur 4 Linsenschnitt durch eine dritte Linsenanordnung, die drei asphärische Oberflächen aufweist;

Figur 5a bis 5g Darstellung der tangentialen Queraberrationen;

Figur 6a bis 6g Darstellung der sagitalen Queraberrationen;

Figur 7a bis 7f Darstellung des Rinnenfehlers der dritten Linsenanordnung anhand von Schnitten;

Figur 8 Linsenschnitt durch eine vierte Linsenanordnung, die drei asphärische Oberflächen aufweist;

Figur 9 Linsenschnitt durch eine fünfte Linsenanordnung, die vier asphärische Linsenoberflächen aufweist; und

Figur 10 Linsenschnitt durch eine sechste Linsenanordnung, die vier asphärische Oberflächen aufweist.

Anhand von Figur 1 wird zunächst der prinzipielle Aufbau einer Projektionslichtungsanlage beschrieben. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 weist eine Beleuchtungseinrichtung 3 und ein Projektionsobjektiv 5 auf. Das Projektionsobjektiv umfaßt eine Linsenanordnung 19 mit einer Aperturblende AP, wobei durch die Linsenanordnung 19 eine optische Achse 7 definiert wird. Zwischen Beleuchtungseinrichtung 3 und Projektionsobjektiv 5 ist eine Maske 9 angeordnet, die mittels eines Maskenhalters 11 im Strahlengang gehalten wird. Solche in der Mikrolithographie verwendeten Masken 9 weisen eine Mikrometer- bis Nanometerstruktur auf, die mittels des Projektionsobjektives 5 bis zu einem Faktor von 10, insbesondere um den Faktor vier, verkleinert auf eine Bildebene 13 abgebildet wird. In der Bildebene 13

wird ein durch einen Substrathalter 17 positioniertes Substrat bzw. ein Wafer 15 gehalten. Die noch auflösbarer minimalen Strukturen hängen von der Wellenlänge λ des für die Beleuchtung verwendeten Lichtes sowie von der Apertur des Projektionsobjektives 5 ab, wobei die maximal erreichbare Auflösung der Projektionsbelichtungsanlage 1 mit abnehmender Wellenlänge der Beleuchtungseinrichtung 3 und mit zunehmender Apertur des Projektionsobjektives 5 steigt.

Das Projektionsobjektiv 5 enthält erfindungsgemäß mindestens eine asphärische Fläche zur Bereitstellung einer hohen Auflösung.

Verschiedene Ausführungsformen von Linsenanordnungen 19 sind in den Figuren 2-4 und 8-10 gezeigt.

Im folgenden werden diese für gehobene Ansprüche an die Bildqualität sowie an die Auflösung ausgelegten Projektionsobjektive 3, insbesondere deren Linsenanordnung 19, näher beschrieben. Die Daten der einzelnen Linsen L101-L130, L201-L230, L301-L330, L401-L429, L501-L529, L601-L629 sind den zugeordneten Tabellen im einzelnen zu entnehmen. Alle Linsenanordnungen 19 weisen zumindest eine asphärische Linsenfläche 27 auf.

Diese asphärischen Flächen werden durch die Gleichung:

$$P(h) = \frac{\delta \cdot h \cdot h}{1 + \sqrt{1 - (1 - EX) \cdot \delta \cdot \delta \cdot h \cdot h}} + C_1 h^4 + \dots + C_n h^{2n+2} \quad \delta = 1/R$$

beschrieben, wobei P die Pfeilhöhe als Funktion des Radius h (Höhe zur optischen Achse 7) mit den in den Tabellen angegebenen asphärischen Konstanten C_1 bis C_n ist. R ist der in den Tabellen angegebene Scheitelradius.

Die in Figur 2 gezeigte Linsenanordnung 19 weist 29 Linsen und eine Planparallelplatte auf, die mit L101-L130 bezeichnet sind. Diese Linsenanordnung 19 ist in sechs Linsengruppen unterteilbar, die mit LG1 für die erste Linsengruppe bis LG6 für die sechste

Linsengruppe bezeichnet sind. Die erste, dritte, fünfte und sechste Linsengruppe weisen positive Brechkraft auf, wohingegen die zweite Linsengruppe LG2 und die vierte Linsengruppe LG4, durch die eine erste Taille 23 und eine zweite Taille 25 gebildet werden, negative Brechkraft aufweisen. Diese Linsenanordnung 19 ist für die Wellenlänge $\lambda = 193,3$ nm, welche durch einen KrF-Excimerlaser erzeugt wird, ausgelegt und weist eine asphärische Linsenfläche 27 auf. Mit dieser Linsenanordnung 19 ist bei einer Apertur von 0,75 eine Strukturbreite von 0,10 μm auflösbar. Objektseitig breitet sich das durch die Linsenanordnung transmittierte Licht in Form einer kugelförmigen Wellenfront aus. Bei diesem Objektiv beträgt die größte Abweichung von der idealen Wellenfront, auch mit RMS-Faktor bezeichnet, $10.4 \text{ m}\lambda$ bezogen auf die Wellenlänge von $\lambda = 193,3$ nm. Die Bildfelddiagonale beträgt 28 mm. Die Baulänge von Maskenebene zu Objektivebene beträgt nur 1000 mm, und der maximale Durchmesser einer Linse beträgt 235 mm.

In diesem Ausführungsbeispiel ist diese asphärische Linsenoberfläche 27 auf der der Beleuchtungseinrichtung abgewandten Seite der Linse L110 angeordnet.

Mit dieser asphärischen Linsenoberfläche 27 wurde es erst möglich, ein die zuvor genannten guten Leistungsdaten aufweisendes Projektionsobjektiv bereitzustellen. Diese asphärische Linsenfläche 27 dient dazu, Bildfehler zu korrigieren, sowie die erforderliche Baulänge bei gleichbleibender Bildqualität zu verringern. Hier werden durch diese Asphäre 27 insbesondere Bildfehler höherer Ordnung im Bereich zwischen Bildzone und Bildfeldrand korrigiert. Diese Korrektur bewirkt insbesondere eine Erhöhung der Bildqualität in sagittaler Richtung.

Mit kürzerer Wellenlänge wächst die Dispersion der verfügbaren Linsenmaterialien an. Demzufolge treten verstärkt chromatische Bildfehler bei Projektionsobjektiven für kurze Wellenlängen wie 193 nm oder 157 nm auf. Die übliche Ausführung für 193nm weist daher Quarzglas als Flint und CaF₂ als Kron als Linsenmaterial zur Achromatisierung auf.

Bei insgesamt minimalem Einsatz des problematischen CaF₂ ist zu beachten, daß die eine CaF₂ Linse L114 in der dritten Linsengruppe LG3 eine erhöhte Anforderung an die Homogenität des Materials stellt, da sie fern der Aperturblende AP angeordnet ist. Dafür

hat sie aber mäßigen Durchmesser, was die Verfügbarkeit von CaF₂ mit erhöhter Anforderung wesentlich verbessert.

Zur Korrektur des Farbquerfehlers sind drei CaF₂ Linsen L119, L120, L121 vor der Aperturblende AP in der fünften Linsengruppe LG5 angeordnet worden. Direkt hinter der Aperturblende AP ist ein Achromat 37, bestehend aus einer konvexen CaF₂ Linse L122 und der nachfolgenden Meniskenlinse L123 aus Quarzglas, angeordnet. Diese CaF₂ Linsen können aufgrund des Strahlenverlaufes von geringerer Qualität als die CaF₂ Linse L114 sein, da Qualitätsabweichungen im Mittenbereich gleichzeitig für alle Bildfeldbereiche leichter korrigiert werden können (durch Linsendrehung bei der Justage).

Eine weitere CaF₂ Linse L129 ist in der sechsten Linsengruppe angeordnet. Durch diese Linse aus CaF₂ ist es möglich die Einflüsse von Linsenerwärmung und Brechzahländerungen infolge von Bestrahlung (Compaction) zu verringern.

Die einzelnen Daten zu den Linsen L101-L130 sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Der optisch genutzte Durchmesser aller CaF₂ Linsen ist kleiner als 235 mm. Da die Verfügbarkeit von CaF₂ in Abhängigkeit vom geforderten Durchmesser noch begrenzt ist, ist der erforderliche Durchmesser der eingesetzten CaF₂ Linsen von zentraler Bedeutung.

In Figur 3 ist eine für die Wellenlänge $\lambda = 248$ nm ausgelegte Linsenanordnung 19 im Schnitt gezeigt. Diese Linsenanordnung 19 weist zwei asphärische Linsenflächen 27, 29 auf. Die erste asphärische Linsenfläche 27 ist auf der Linse L210 bildseitig angeordnet. Es könnte auch vorgesehen sein, diese zweite asphärische Linsenoberfläche 27 auf der der Beleuchtungseinrichtung zugewandten Seite der Linse L211 anzuordnen. Die beiden Linsen L210 und L211 sind für die Aufnahme der asphärischen Linsenoberfläche 27 prädestiniert. Es kann auch vorgesehen sein, anstelle der Linsen L210 und L211 eine Meniskenlinse vorzusehen, die eine asphärische Linsenoberfläche aufweist. Die zweite asphärische Linsenoberfläche 29 ist im Endbereich der ersten Linsengruppe, auf der der Beleuchtungseinrichtung 3 abgewandten Seite der Linse L205, angeordnet. Es kann auch vorgesehen sein, diese asphärische Linsenoberfläche 29 auf der darauf folgenden Linse L206 in dem Beginn der zweiten Linsengruppe anzuordnen.

Eine besonders große Wirkung erhält man bei der Anordnung der Asphären 27, 29 auf Linsenoberflächen, bei denen die auftreffenden Strahlen zur jeweiligen Oberflächennormalen einen großen Winkel einschließen. Dabei ist besonders die große Variation der Auftreffwinkel bedeutsam. In Figur 10 erreicht der Wert von $\sin i$ bei der asphärischen Linsenoberfläche 31 einen Wert bis zu 0,82. Infolgedessen haben in diesem Ausführungsbeispiel die einander zugewandten Linsenoberflächen der Linsen L210, L211 einen größeren Einfluß auf den Strahlenverlauf im Vergleich zu der jeweils anderen Linsenoberfläche der entsprechenden Linse L210, L211.

Bei einer Länge von 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 237,3 mm weist diese Linsenanordnung bei einer Wellenlänge von 248,38 nm eine numerische Apertur von 0,75 auf. Die Bildfelddiagonale beträgt 27,21 mm. Es ist eine Strukturbreite von 0,15 μm auflösbar. Die größte Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 13,0 $\text{m}\lambda$. Die genauen Linsendaten, bei denen diese Leistungsdaten erreicht werden, sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Eine weitere Ausführungsform einer Linsenanordnung 19 für die Wellenlänge 248,38 nm ist in Figur 4 gezeigt. Diese Linsenanordnung 19 weist drei Linsen L305, L310, L328 auf, die jeweils eine asphärische Linsenoberfläche 27, 29, 31 aufweisen. Die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29 sind an den aus Figur 3 bekannten Positionen belassen worden. Durch die asphärische Linsenoberfläche 27 ist die Koma mittleren Ordnung für die Bildfeldzone einstellbar. Dabei sind die Rückwirkungen auf Schnitte in tangentialer Richtung sowie sagittaler Richtung gering.

Die zusätzliche dritte asphärische Linsenoberfläche 31 ist maskenseitig auf der Linse L328 angeordnet. Diese asphärische Linsenoberfläche 31 unterstützt die Komakorrektur zum Bildfeldrand hin.

Mittels dieser drei asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 wird bei einer Wellenlänge von 248,38 nm bei einer Länge von nur 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 247,2 mm die weiter gesteigerte numerische Apertur von 0,77 und

eine im gesamten Bildfeld gut auflösbare Strukturbreite von $0,14 \mu\text{m}$ erreicht. Die maximale Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt $12,0 \text{ m}\lambda$.

Um die Durchmesser der Linsen in LG5 klein zu halten und um eine für das System vorteilhafte Petzvalsumme, die nahezu null sein sollte beizubehalten, sind die drei Linsen L312, L313, L314 in der dritten Linsengruppe LG3 vergrößert. Für die Bereitstellung des erforderlichen axialen Bauraumes für diese drei Linsen L312-L314 sind die Dicken anderer Linsen und damit die Durchmesser, insbesondere der Linsen der ersten Gruppe LG1, reduziert worden. Dies ist ein ausgezeichneter Weg, um in einem begrenzten Bauraum sehr große Bildfelder und Aperturen unterzubringen.

Die hohe Bildqualität, die durch diese Linsenanordnung erreicht wird, ist aus den Figuren 5a - 5g, Figur 6a - 6g und Figur 7a - 7f zu ersehen.

Figuren 5a - 5g geben für die Bildhöhen Y' (in mm) die meridionale Queraberration DYM an. Alle zeigen bis zu den höchsten DW' hervorragenden Verlauf.

Figuren 6a - 6g geben für die gleichen Bildhöhen die sagittalen Queraberrationen DZS als Funktion des halben Aperturwinkels DW' an.

Figuren 7a - 7f geben für die gleichen Bildhöhen den Rinnenfehler DYS an, der durchgängig nahezu null ist.

Die genauen Linsendaten sind der Tabelle 3 zu entnehmen, wobei die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 an der gewährleistbaren hohen Bildqualität einen erheblichen Anteil haben.

Eine weitere Linsenanordnung für die Wellenlänge $\lambda = 248,38 \text{ nm}$ ist in Figur 8 gezeigt. Bei einer Länge von nur 1000 mm weist diese Linsenanordnung 19 bei nur 3 asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 33 eine numerische Apertur von 0,8 und im gesamten Bildfeld, dessen Diagonale 27,21 mm beträgt, eine gut auflösbare Strukturbreite von $0,13 \mu\text{m}$ auf. Der maximale Linsendurchmesser beträgt 255 mm und tritt im Bereich der fünften

Linsengruppe LG5 auf. Dieser Linsendurchmesser ist ungewöhnlich klein für die Apertur 0,8 bei einem Bildfeld mit Diagonale 27,21 mm. Alle drei asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 33 sind in den vorderen Linsengruppen LG1 - LG3 der Linsenanordnung 19 angeordnet. Die Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt bei dieser Linsenanordnung nur 9,2 mλ.

Die genauen Linsendaten dieser Linsenanordnung 19 sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Mit Vorsehen einer weiteren vierten Asphäre 33 auf der der Beleuchtungseinrichtung abgewandten Seite der Linse L513 konnte eine weitere Steigerung der numerischen Apertur von 0,8 auf 0,85 erreicht werden. Diese hohe Apertur, aus der bildseitig ein Öffnungswinkel von 116,4° gegenüber einem Winkel von 88,8° bei einer Apertur von 0,70 resultiert, ist bei dem Bildfeld mit Diagonale 27,21 mm einzigartig. Die gut auflösbare Strukturbreite beträgt 0,12 µm und die maximale Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt nur 7,0 mλ. Solch eine Linsenanordnung 19 ist in Figur 9 dargestellt, wobei die genauen Linsendaten der Tabelle 5 zu entnehmen sind.

Im Vergleich zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen Figur 1 - Figur 3 und zum St.d.T. DE198 18 444 A sind bei dieser Linsenanordnung 19 die letzten beiden Linsen zu einer Linse vereint. Durch diese Maßnahme kann neben der Ersparnis bei der Linsenherstellung im Endbereich eine Linsenfassung gespart werden, wodurch Bauraum für Zusatzgeräte, insbesondere für einen Fokussensor, geschaffen wird.

In Figur 10 ist eine Linsenanordnung 19 gezeigt, die für die Wellenlänge $\lambda = 157,63$ nm ausgelegt ist. Das mittels dieser Linsenanordnung beleuchtbare Bildfeld ist auf 6 x 13 mm mit einer Bildfelddiagonalen von 14,3 mm verkleinert worden und ist für das Stiching-Verfahren angepaßt.

Bei einer Länge von nur 579,5 mm und einem maximalen Durchmesser von 167 mm konnte durch vier asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31, 33 eine numerische Apertur von 0,85 und eine gut auflösbare Strukturbreite von 0,07 µm erreicht werden. Die

Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt $9,5 \text{ m}\lambda$ bei der Wellenlänge $\lambda = 157,63 \text{ nm}$.

Aufgrund der kurzen Wellenlänge ist die Absorption von Quarzlinsen recht hoch, so daß vermehrt auf CaF₂ als Linsenmaterial zugegriffen worden ist. Im Bereich der Taillen 23, 25, d.h. in der zweiten und der vierten Linsengruppe LG2 und LG4, sind einzelne Quarzglaslinsen vorgesehen. Diese Quarzglaslinsen sollten höchstmögliche Transmission aufweisen. Eine weitere Linse aus Quarzglas in Form einer Meniskenlinse L625 ist in der Linsengruppe LG5 zur Bildung eines Achromaten vorgesehen worden. Weiterhin ist die die asphärische Linsenoberfläche aufweisende Linse L628 der Linsengruppe LG6 aus Quarzglas. Damit ist die Asphäre 33 auf dem leichter zu bearbeitenden Material ausgebildet.

Dadurch ist der Farblängsfehler dieser Linsenanordnung 19 auch bei dieser extrem hohen Apertur sehr klein.

Die gezeigten Ausführungsbeispiele zeigen, daß gute Leistungsdaten erreichbar sind, ohne daß asphärische Flächen (27, 29, 31, 33) mit großen Durchmessern, insbesondere in der fünften Linsengruppe. Die eingesetzten kleinen asphärischen Linsenflächen lassen sich gut fertigen und prüfen.

Diese in den Ausführungsbeispielen erläuterten Linsenanordnung 19 zeigen lediglich den durch die Ansprüche festgelegten Designraum auf. Selbstverständlich sind die anhand der Ausführungsbeispiele konkretisierten Merkmale gemäß den Ansprüchen und deren Kombinationen miteinander kombinierbar.

| m709a | Lins n | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2 * Linsendurchmesser |
|-------|--------|--------------|---------|---------|-------------------------|
| | | UNENDL | 17.2885 | | |
| L101 | | -143.20731 | 6.0000 | SIO2 | 62.436 |
| | | 599.77254 | 7.6370 | He | 62.972 |
| L102 | | -3259.25331 | 17.8056 | SIO2 | 70.359 |
| | | -215.68976 | .7500 | He | 72.015 |
| L103 | | 6352.48088 | 21.0301 | SIO2 | 74.027 |
| | | -222.97760 | .7500 | He | 79.278 |
| L104 | | 375.05253 | 22.1160 | SIO2 | 80.492 |
| | | -496.09705 | .7500 | He | 83.813 |
| L105 | | 191.46102 | 26.2629 | SIO2 | 83.813 |
| | | -1207.32624 | .7500 | He | 81.276 |
| L106 | | 180.94629 | 15.5881 | SIO2 | 80.032 |
| | | 100.48825 | 25.3787 | He | 72.339 |
| L107 | | -3031.88082 | 6.0000 | SIO2 | 62.801 |
| | | 122.14071 | 23.8679 | He | 62.147 |
| L108 | | -295.91467 | 9.3246 | SIO2 | 58.984 |
| | | -187.69352 | .7500 | He | 59.196 |
| L109 | | -199.96963 | 6.0000 | SIO2 | 59.874 |
| | | 184.23629 | 33.9482 | He | 59.882 |
| L110 | | -112.01095 | 6.0000 | SIO2 | 62.911 |
| | | -684.63799 A | 12.5079 | He | 64.128 |
| L111 | | -225.51622 | 18.6069 | SIO2 | 75.868 |
| | | -137.30628 | .7500 | He | 78.258 |
| L112 | | 5312.93388 | 38.3345 | SIO2 | 81.928 |
| | | -178.79712 | .7500 | He | 99.979 |
| L113 | | 344.71979 | 39.8511 | SIO2 | 101.920 |
| | | -397.29552 | .7500 | He | 111.294 |
| L114 | | 165.51327 | 39.6778 | CAF2 | 111.237 |
| | | 7755.09540 | .7500 | He | 101.552 |
| L115 | | 195.28524 | 23.8921 | SIO2 | 99.535 |
| | | 119.99272 | 32.2730 | He | 87.267 |
| L116 | | -452.93918 | 6.0000 | SIO2 | 72.012 |
| | | 287.33119 | 20.7820 | He | 70.763 |
| L117 | | -218.82578 | 6.0000 | SIO2 | 66.677 |
| | | 166.44429 | 40.5757 | He | 66.150 |
| L118 | | -103.90786 | 6.4932 | SIO2 | 66.003 |
| | | 5916.68891 | 13.3336 | He | 66.694 |
| L119 | | -344.93456 | 19.8584 | CAF2 | 80.535 |
| | | -165.11801 | .7500 | He | 82.790 |
| L120 | | -11871.72431 | 38.5095 | CAF2 | 86.174 |
| | | -174.34079 | .7500 | He | 100.670 |
| L121 | | 586.98079 | 31.6915 | CAF2 | 102.666 |
| | | -414.20537 | .7500 | He | 111.739 |
| | | UNENDL | 3.6849 | He | 112.097 |
| | | BLENDE | .0000 | He | 111.399 |
| | | UNENDL | 1.2566 | He | 111.399 |
| L122 | | 284.64742 | 45.7670 | CAF2 | 111.830 |
| | | -414.78783 | 17.9539 | He | 114.801 |
| L123 | | -234.72451 | 14.5097 | SIO2 | 114.410 |
| | | | | | 113.062 |

| | | | | |
|------|-------------|---------|------------------|---------|
| | -593.08647 | 14.7730 | He | 114.454 |
| L124 | -323.13567 | 42.1874 | SiO ₂ | 114.235 |
| | -229.06128 | .7500 | He | 117.505 |
| L125 | 180.27184 | 31.4105 | SiO ₂ | 105.659 |
| | 652.02194 | .7500 | He | 103.698 |
| L126 | 143.20049 | 28.2444 | SiO ₂ | 91.476 |
| | 383.51531 | 14.7177 | He | 88.206 |
| L127 | -2122.47818 | 14.1140 | SiO ₂ | 85.843 |
| | 312.60012 | 1.3119 | He | 74.816 |
| L128 | 111.92162 | 46.5147 | SiO ₂ | 66.708 |
| | 53.69539 | 2.2604 | He | 40.084 |
| L129 | 51.14657 | 27.3776 | CaF ₂ | 39.074 |
| | 492.53747 | 3.7815 | He | 32.621 |
| | UNENDL | 3.0000 | SiO ₂ | 29.508 |
| | UNENDL | 12.0000 | | 27.848 |
| | UNENDL | | | 14.021 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 21:

$$EX = 0.0000$$

$$C1 = 0.61839643 \cdot 10^{-8}$$

$$C2 = -0.11347761 \cdot 10^{-11}$$

$$C3 = 0.32783915 \cdot 10^{-16}$$

$$C4 = -0.22000186 \cdot 10^{-20}$$

m736a

| Linsen | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2 * Linsendurchmesser |
|--------|--------------|-----------|---------|-------------------------|
| | UNENDL | 16.6148 | | |
| L201 | -140.92104 | 7.0000 | SIO2 | 60.752 |
| | -4944.48962 | 4.5190 | | 61.267 |
| L202 | -985.90856 | 16.4036 | SIO2 | 67.230 |
| | -191.79393 | .7500 | | 68.409 |
| L203 | 18376.81346 | 16.5880 | SIO2 | 70.127 |
| | -262.28779 | .7500 | | 73.993 |
| L204 | 417.82018 | 21.1310 | SIO2 | 74.959 |
| | -356.76055 | .7500 | | 77.129 |
| L205 | 185.38468 | 23.3034 | SIO2 | 77.193 |
| | -1198.61550 | A7500 | | 74.782 |
| L206 | 192.13950 | 11.8744 | SIO2 | 73.634 |
| | 101.15610 | 27.6353 | | 68.213 |
| L207 | -404.17514 | 7.0000 | SIO2 | 61.022 |
| | 129.70591 | 24.1893 | | 60.533 |
| L208 | -235.98146 | 7.0584 | SIO2 | 58.732 |
| | -203.88450 | .7500 | | 59.144 |
| L209 | -241.72595 | 7.0000 | SIO2 | 60.201 |
| | 196.25453 | 33.3115 | | 60.490 |
| L210 | -122.14995 | 7.0000 | SIO2 | 65.017 |
| | -454.65265 | A 10.8840 | | 66.412 |
| L211 | -263.01247 | 22.6024 | SIO2 | 77.783 |
| | -149.71102 | 1.6818 | | 81.685 |
| L212 | -149.71102 | 43.2680 | SIO2 | 86.708 |
| | -23862.31899 | 43.2680 | | 104.023 |
| L213 | 340.37670 | 1.6818 | SIO2 | 106.012 |
| | -355.50943 | .7500 | | 115.503 |
| L214 | 160.11879 | 44.9408 | SIO2 | 115.398 |
| | 4450.50491 | 35.9100 | | 102.982 |
| L215 | 172.51429 | 41.8646 | SIO2 | 100.763 |
| | 116.88490 | 14.8261 | | 85.869 |
| L216 | -395.46894 | 35.9100 | SIO2 | 74.187 |
| | 178.01469 | 7.0000 | | 72.771 |
| L217 | -176.03301 | 28.0010 | SIO2 | 66.083 |
| | 188.41213 | 7.0000 | | 65.613 |
| L218 | -112.43820 | 36.7224 | SIO2 | 66.293 |
| | 683.42330 | 17.1440 | | 66.917 |
| L219 | -350.01763 | 19.1569 | SIO2 | 80.240 |
| | -194.58551 | .7514 | | 82.329 |
| L220 | -8249.50149 | 18.4284 | SIO2 | 87.159 |
| | -213.88820 | 35.3656 | | 99.995 |
| L221 | 657.56358 | .7500 | SIO2 | 103.494 |
| | -428.74102 | 31.3375 | | 114.555 |
| L222 | 820.30582 | .0000 | SIO2 | 115.245 |
| | UNENDL | 2.8420 | | 116.016 |
| | BLENDE | .0000 | | 116.016 |
| L223 | -520.84842 | 27.7457 | SIO2 | 118.196 |
| | 330.19065 | 18.4284 | | 118.605 |
| | -672.92481 | 37.7586 | SIO2 | 118.273 |
| | | 23.8692 | | 117.550 |

| | | | | |
|------|-------------|---------|------------------|---------|
| L224 | -233.67936 | 10.0000 | SiO ₂ | 116.625 |
| | -538.42627 | 10.4141 | | 117.109 |
| L225 | -340.26626 | 21.8583 | SiO ₂ | 116.879 |
| | -224.85666 | .7500 | | 117.492 |
| L226 | 146.87143 | 34.5675 | SiO ₂ | 100.303 |
| | 436.70958 | .7500 | | 97.643 |
| L227 | 135.52861 | 29.8244 | SiO ₂ | 86.066 |
| | 284.57463 | 18.9234 | | 79.427 |
| L228 | -7197.04545 | 11.8089 | SiO ₂ | 72.964 |
| | 268.01973 | .7500 | | 63.351 |
| L229 | 100.56453 | 27.8623 | SiO ₂ | 56.628 |
| | 43.02551 | 2.0994 | | 36.612 |
| L230 | 42.30652 | 30.9541 | SiO ₂ | 36.023 |
| | 262.65551 | 1.9528 | | 28.009 |
| | UNENDL | 12.0000 | | 27.482 |
| | UNENDL | | | 13.602 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,17337407 \cdot 10^3 \\
 C 1 &= 0,15292522 \cdot 10^{-7} \\
 C 2 &= 0,18756271 \cdot 10^{-11} \\
 C 3 &= -0,40702661 \cdot 10^{-16} \\
 C 4 &= 0,26176919 \cdot 10^{-19} \\
 C 5 &= -0,36300252 \cdot 10^{-23} \\
 C 6 &= 0,42405765 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,36949981 \cdot 10^1 \\
 C 1 &= 0,20355563 \cdot 10^{-7} \\
 C 2 &= -0,22884234 \cdot 10^{-11} \\
 C 3 &= -0,23852614 \cdot 10^{-16} \\
 C 4 &= -0,19091022 \cdot 10^{-19} \\
 C 5 &= 0,27737562 \cdot 10^{-23} \\
 C 6 &= -0,29709625 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

m745a

| Linsen | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2 * Linsendurchmesser |
|--------|-------------|---------|---------|-------------------------|
| | UNENDL | 17.8520 | | |
| L301 | -131.57692 | 7.0000 | SIO2 | 60.958 |
| | -195.66940 | .7500 | | 61.490 |
| L302 | -254.66366 | 8.4334 | SIO2 | 64.933 |
| | -201.64480 | .7500 | | 65.844 |
| L303 | -775.65764 | 14.0058 | SIO2 | 67.386 |
| | -220.44596 | .7500 | | 69.629 |
| L304 | 569.58638 | 18.8956 | SIO2 | 70.678 |
| | -308.25184 | .7500 | | 72.689 |
| L305 | 202.68033 | 20.7802 | SIO2 | 72.876 |
| | -1120.20883 | A7500 | | 71.232 |
| L306 | 203.03395 | 12.1137 | SIO2 | 70.282 |
| | 102.61512 | 26.3989 | | 65.974 |
| L307 | -372.05336 | 7.0000 | SIO2 | 59.566 |
| | 144.40889 | 23.3866 | | 59.203 |
| L308 | -207.93626 | 7.0303 | SIO2 | 58.326 |
| | -184.65938 | .7500 | | 58.790 |
| L309 | -201.97720 | 7.0000 | SIO2 | 59.985 |
| | 214.57715 | 33.1495 | | 60.229 |
| L310 | -121.80702 | 7.0411 | SIO2 | 65.721 |
| | -398.26353 | A9.7571 | | 67.235 |
| L311 | -242.40314 | 22.4966 | SIO2 | 79.043 |
| | -146.76339 | .7553 | | 81.995 |
| L312 | -2729.19964 | 45.3237 | SIO2 | 87.352 |
| | -158.37001 | .7762 | | 104.995 |
| L313 | 356.37642 | 52.1448 | SIO2 | 107.211 |
| | -341.95165 | 1.1921 | | 118.570 |
| L314 | 159.83842 | 44.6278 | SIO2 | 118.519 |
| | 2234.73586 | .7698 | | 105.627 |
| L315 | 172.14697 | 16.8360 | SIO2 | 102.722 |
| | 119.53455 | 36.6804 | | 88.037 |
| L316 | -392.62196 | 7.0000 | SIO2 | 75.665 |
| | 171.18767 | 29.4986 | | 74.246 |
| L317 | -176.75022 | 7.0000 | SIO2 | 67.272 |
| | 186.50720 | 38.4360 | | 66.843 |
| L318 | -113.94008 | 7.0213 | SIO2 | 67.938 |
| | 893.30270 | 17.7406 | | 68.650 |
| L319 | -327.77804 | 18.9809 | SIO2 | 82.870 |
| | -192.72640 | .7513 | | 85.090 |
| L320 | -3571.89972 | 34.3608 | SIO2 | 89.918 |
| | -209.35555 | .7500 | | 103.882 |
| L321 | 676.38083 | 32.6220 | SIO2 | 106.573 |
| | -449.16650 | .0000 | | 119.191 |
| | UNENDL | 2.8420 | | 119.960 |
| | BLENDE | .0000 | | 120.991 |
| L322 | 771.53843 | 30.6490 | SIO2 | 123.568 |
| | -525.59771 | 13.4504 | | 124.005 |
| L323 | 330.53202 | 40.0766 | SIO2 | 123.477 |
| | -712.47666 | 23.6787 | | 122.707 |

| | | | | |
|------|-------------|----------|------------------|---------|
| L324 | -250.00950 | 10.0000 | SiO ₂ | 121.877 |
| | -513.10270 | 14.8392 | | 121.995 |
| L325 | -344.63359 | 20.3738 | SiO ₂ | 121.081 |
| | -239.53067 | .7500 | | 121.530 |
| L326 | 146.13385 | 34.7977 | SiO ₂ | 102.544 |
| | 399.32557 | .7510 | | 99.992 |
| L327 | 132.97289 | 29.7786 | SiO ₂ | 87.699 |
| | 294.53397 | 18.8859 | | 82.024 |
| L328 | -3521.27938 | A11.4951 | SiO ₂ | 75.848 |
| | 287.11066 | .7814 | | 65.798 |
| L329 | 103.24804 | 27.8602 | SiO ₂ | 58.287 |
| | 41.64286 | 1.9089 | | 36.734 |
| L330 | 41.28081 | 31.0202 | SiO ₂ | 36.281 |
| | 279.03201 | 1.9528 | | 28.934 |
| | UNENDL | 12.0000 | | 28.382 |
| | | UNENDL | | 13.603 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,16784093 \cdot 10^3 \\
 C_1 &= 0,49600479 \cdot 10^{-9} \\
 C_2 &= 0,31354487 \cdot 10^{-11} \\
 C_3 &= -0,65827200 \cdot 10^{-16} \\
 C_4 &= 0,44673095 \cdot 10^{-19} \\
 C_5 &= -0,73057048 \cdot 10^{-23} \\
 C_6 &= 0,91524489 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned}
 EX &= -0,22247325 \cdot 10^1 \\
 C_1 &= 0,24479896 \cdot 10^{-7} \\
 C_2 &= -0,22713172 \cdot 10^{-11} \\
 C_3 &= 0,36324126 \cdot 10^{-16} \\
 C_4 &= -0,17823969 \cdot 10^{-19} \\
 C_5 &= 0,26799048 \cdot 10^{-23} \\
 C_6 &= -0,27403392 \cdot 10^{-27}
 \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

$$\begin{aligned}
 EX &= 0 \\
 C_1 &= -0,45136584 \cdot 10^{-09} \\
 C_2 &= 0,34745936 \cdot 10^{-12} \\
 C_3 &= 0,11805250 \cdot 10^{-17} \\
 C_4 &= -0,87762405 \cdot 10^{-21}
 \end{aligned}$$

| m791a Linsen | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2* Linsendurchmesser |
|-----------------|---------------------|---------|---------|------------------------|
| | UNENDL | 11.4557 | | 61.339 |
| L401 | -273.19566 | 7.0000 | SIO2 | 62.263 |
| | -277.09708 | .7000 | | 63.765 |
| L402 | -861.38886 | 8.9922 | SIO2 | 64.989 |
| | -339.26281 | .7000 | | 65.826 |
| L403 | 118124.1371911.2867 | | SIO2 | 66.916 |
| | -365.70154 | .7000 | | 67.416 |
| L404 | 685.10936 | 13.1651 | SIO2 | 67.995 |
| | -485.98278 | .7000 | | 68.012 |
| L405 | 387.56973 | 17.2335 | SIO2 | 67.247 |
| | -473.09537 A | .7000 | | 66.728 |
| L406 | 268.03965 | 9.9216 | SIO2 | 62.508 |
| | 149.12863 | 23.8122 | | 58.531 |
| L407 | -184.82383 | 7.0000 | SIO2 | 58.029 |
| | 176.80719 | 21.4194 | | 57.646 |
| L408 | -186.59114 | 7.0000 | SIO2 | 58.045 |
| | 218.73570 | 29.5024 | | 63.566 |
| L409 | -129.31068 | 7.0000 | SIO2 | 65.030 |
| | -531.44773 A | 17.2306 | | 76.481 |
| L410 | -307.52016 | 22.4527 | SIO2 | 85.643 |
| | -148.36184 | .7000 | | 88.946 |
| L411 | -1302.18676 | 41.0516 | SIO2 | 105.065 |
| | -162.48723 | .7000 | | 107.106 |
| L412 | 621.16978 | 41.1387 | SIO2 | 118.007 |
| | -294.49119 | .7000 | | 118.347 |
| L413 | 160.06951 | 49.7378 | SIO2 | 109.803 |
| | -2770.71439 A | 7000 | | 107.961 |
| L414 | 152.16529 | 16.7403 | SIO2 | 89.160 |
| | 106.43165 | 39.9369 | | 76.189 |
| L415 | -530.55958 | 7.0000 | SIO2 | 74.955 |
| | 170.63853 | 31.4993 | | 68.381 |
| L416 | -164.61084 | 7.0000 | SIO2 | 67.993 |
| | 262.65931 | 36.2904 | | 69.679 |
| L417 | -113.57141 | 8.4328 | SIO2 | 70.272 |
| | 772.56149 | 21.7682 | | 85.377 |
| L418 | -278.33295 | 16.4890 | SIO2 | 87.710 |
| | -198.24799 | .8689 | | 92.554 |
| L419 | -3464.64038 | 37.5900 | SIO2 | 107.590 |
| | -214.63481 | 1.1929 | | 111.045 |
| L420 | 2970.07848 | 32.3261 | SIO2 | 122.434 |
| | -350.93217 | 2.5303 | | 123.849 |
| L421 | 1499.34256 | 25.8265 | SIO2 | 127.128 |
| | -561.19644 | .0000 | | 127.371 |
| | UNENDL | .7510 | | 126.559 |
| | BLENDE | .0000 | | 126.559 |
| L422 | 821.09016 | 39.5191 | SIO2 | 127.453 |
| | -1995.20557 | .7000 | | 127.499 |
| L423 | 337.02437 | 41.8147 | SIO2 | 126.619 |
| | -659.23025 | 25.0233 | | 125.851 |

| | | | | |
|------|------------|---------|------------------|---------|
| L424 | -242.66564 | 7.0000 | SiO ₂ | 124.960 |
| | -891.19390 | 9.7905 | | 125.057 |
| L425 | -492.17516 | 41.0678 | SiO ₂ | 124.887 |
| | -242.55195 | .7000 | | 125.845 |
| L426 | 145.04614 | 37.2406 | SiO ₂ | 104.033 |
| | 406.88892 | .7008 | | 101.079 |
| L427 | 119.31280 | 31.5532 | SiO ₂ | 85.742 |
| | 249.69473 | 15.2917 | | 79.561 |
| L428 | 1411.93157 | 7.8700 | SiO ₂ | 74.994 |
| | 281.90273 | .7011 | | 66.830 |
| L429 | 143.95136 | 55.0835 | SiO ₂ | 61.517 |
| | 404.13980 | 15.0000 | | 32.177 |
| | UNENDL | .0001 | | 13.603 |
| | UNENDL | | | 13.603 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX = 0,45321787 * 10²

C 1 = 0,12027601 * 10⁻⁷

C 2 = -0,16206398 * 10⁻¹¹

C 3 = -0,41686011 * 10⁻¹⁵

C 4 = 0,38440137 * 10⁻¹⁹

C 5 = -0,15095918 * 10⁻²³

C 6 = -0,84812561 * 10⁻²⁸

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX = 0

C 1 = -0,97452539 * 10⁻⁷

C 2 = 0,32591079 * 10⁻¹¹

C 3 = 0,97426255 * 10⁻¹⁶

C 4 = -0,846124 * 10⁻²⁰

C 5 = -0,12332031 * 10⁻²³

C 6 = 0,14443713 * 10⁻²⁷

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

EX = 0

C 1 = 0,53144137 * 10⁻⁸

C 2 = 0,21837618 * 10⁻¹²

C 3 = 0,22801998 * 10⁻¹⁸

C 4 = -0,87807963 * 10⁻²¹

C 5 = 0,42592446 * 10⁻²⁵

C 6 = -0,85709164 * 10⁻³⁰

j430a

| Linsen | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2 * Linsendurchmesser |
|--------|-------------|----------|---------|-------------------------|
| | UNENDL | 9.9853 | | 61.649 |
| L501 | -265.92659 | 6.0000 | SIO2 | 62.237 |
| | 857.92226 | 5.9813 | | 65.916 |
| L502 | -2654.69270 | 14.4343 | SIO2 | 66.990 |
| | -244.65690 | .7500 | | 68.482 |
| L503 | 1038.40194 | 15.9955 | SIO2 | 71.883 |
| | -333.95446 | .7500 | | 72.680 |
| L504 | 359.47552 | 18.5128 | SIO2 | 74.430 |
| | -532.67816 | .7500 | | 74.416 |
| L505 | 213.38035 | 21.4562 | SIO2 | 72.985 |
| | -1441.22634 | A7500 | | 72.045 |
| L506 | 261.90156 | 6.5306 | SIO2 | 67.809 |
| | 115.92184 | 28.4856 | | 62.818 |
| L507 | -267.21040 | 6.0000 | SIO2 | 62.411 |
| | 175.09702 | 23.2443 | | 61.923 |
| L508 | -213.08557 | 6.0000 | SIO2 | 62.365 |
| | 199.61141 | 30.8791 | | 68.251 |
| L509 | -158.73046 | 6.0337 | SIO2 | 69.962 |
| | -1108.92217 | A10.9048 | | 81.119 |
| L510 | -314.37706 | 20.6413 | SIO2 | 84.163 |
| | -169.59197 | .8014 | | 88.902 |
| L511 | -3239.97175 | 43.6396 | SIO2 | 106.289 |
| | -168.44726 | .7500 | | 108.724 |
| L512 | 495.41910 | 48.8975 | SIO2 | 123.274 |
| | -288.85737 | .7500 | | 123.687 |
| L513 | 153.24868 | 48.7613 | SIO2 | 113.393 |
| | 920.32139 | A .7500 | | 111.134 |
| L514 | 163.02602 | 15.7110 | SIO2 | 96.188 |
| | 124.97610 | 44.2664 | | 84.961 |
| L515 | -422.99493 | 6.0000 | SIO2 | 83.633 |
| | 184.60620 | 31.4986 | | 76.498 |
| L516 | -241.93022 | 6.0000 | SIO2 | 76.180 |
| | 168.30899 | 51.3978 | | 77.396 |
| L517 | -117.43130 | 6.5332 | SIO2 | 78.345 |
| | 2476.47953 | 21.4666 | | 98.469 |
| L518 | -311.36041 | 15.2223 | SIO2 | 101.209 |
| | -221.58556 | .7500 | | 105.324 |
| L519 | -934.37047 | 37.6761 | SIO2 | 122.239 |
| | -216.75809 | .7500 | | 125.425 |
| L520 | 3623.94786 | 39.6266 | SIO2 | 146.583 |
| | -370.69232 | 1.1289 | | 148.219 |
| L521 | 1209.82944 | 39.1543 | SIO2 | 157.194 |
| | -613.71745 | .0000 | | 157.954 |
| | UNENDL | .7500 | | 158.061 |
| | BLENDE | .0000 | | 158.061 |
| L522 | 709.88915 | 36.2662 | SIO2 | 160.170 |
| | -1035.75796 | .7500 | | 160.137 |
| L523 | 313.44889 | 58.8000 | SIO2 | 155.263 |
| | -1046.56219 | 28.7484 | | 153.730 |

| | | | | |
|------|--------------|---------|------------------|---------|
| L524 | -328.67790 | 15.0000 | SiO ₂ | 152.447 |
| | -1283.32936 | 14.7084 | | 148.826 |
| L525 | -540.24577 | 23.9839 | SiO ₂ | 148.336 |
| | -305.19883 | .7510 | | 148.189 |
| L526 | 152.28321 | 42.3546 | SiO ₂ | 114.055 |
| | 384.50964 | .7531 | | 109.924 |
| L527 | 124.66784 | 31.8554 | SiO ₂ | 91.106 |
| | 279.60513 | 16.6796 | | 86.038 |
| L528 | -28987.53974 | 7.4387 | SiO ₂ | 82.126 |
| | 316.02224 | .8631 | | 72.044 |
| L529 | 180.51161 | 54.1269 | SiO ₂ | 67.036 |
| | 1341.25511 | 15.0000 | | 37.374 |
| | UNENDL | .0001 | | 13.604 |
| | | | | 13.604 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned} EX &= -0,27012883 \cdot 10^3 \\ C_1 &= -0,48014089 \cdot 10^{-7} \\ C_2 &= 0,30075830 \cdot 10^{-11} \\ C_3 &= 0,34922943 \cdot 10^{-16} \\ C_4 &= 0,26946301 \cdot 10^{-19} \\ C_5 &= -0,58250631 \cdot 10^{-23} \\ C_6 &= 0,68991391 \cdot 10^{-27} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned} EX &= 0,41249481 \cdot 10^1 \\ C_1 &= -0,38239182 \cdot 10^{-8} \\ C_2 &= -0,14976009 \cdot 10^{-11} \\ C_3 &= -0,25206193 \cdot 10^{-16} \\ C_4 &= -0,78282128 \cdot 10^{-20} \\ C_5 &= 0,13017800 \cdot 10^{-23} \\ C_6 &= -0,14205614 \cdot 10^{-27} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

$$\begin{aligned} EX &= 0,26320110 \cdot 10^1 \\ C_1 &= 0,27448935 \cdot 10^{-8} \\ C_2 &= -0,18100074 \cdot 10^{-12} \\ C_3 &= 0,58696756 \cdot 10^{-17} \\ C_4 &= -0,58955753 \cdot 10^{-21} \\ C_5 &= 0,16526308 \cdot 10^{-25} \\ C_6 &= -0,25708759 \cdot 10^{-30} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

$$EX = -0,96865859 * 10^5$$

$$C_1 = -0,42411179 * 10^{-8}$$

$$C_2 = 0,12306068 * 10^{-12}$$

$$C_3 = 0,69229786 * 10^{-17}$$

$$C_4 = 0,80135737 * 10^{-20}$$

$$C_5 = -0,14022540 * 10^{-23}$$

$$C_6 = 0,79827308 * 10^{-28}$$

m767a

| Linsen | RADIEN | DICKEN | GLAESER | 1/2 * Linsendurchmesser |
|--------|-------------|----------|---------|-------------------------|
| | UNENDL | 5.9005 | N2 | 32.429 |
| L601 | -125.95821 | 3.6410 | CAF2 | 32.780 |
| | 243.24465 | 5.2309 | He | 35.323 |
| L602 | 2472.77263 | 9.2265 | CAF2 | 36.826 |
| | -132.46523 | .3958 | He | 37.854 |
| L603 | 544.60759 | 8.6087 | CAF2 | 40.080 |
| | -188.98512 | .6007 | He | 40.516 |
| L604 | 180.26444 | 10.3984 | CAF2 | 41.764 |
| | -394.70139 | .4244 | He | 41.743 |
| L605 | 101.06312 | 12.8236 | CAF2 | 40.955 |
| | -691.58627 | A .5111 | He | 40.455 |
| L606 | 135.75849 | 3.1245 | CAF2 | 37.553 |
| | 57.03094 | 16.2396 | He | 34.284 |
| L607 | -268.26919 | 5.9149 | CAF2 | 33.871 |
| | 116.53669 | 10.9654 | He | 33.188 |
| L608 | -142.54676 | 3.2195 | SIO2 | 33.372 |
| | 100.09171 | 16.1921 | He | 35.360 |
| L609 | -83.03185 | 3.2311 | SIO2 | 36.264 |
| | -453.73264 | A 5.1711 | He | 41.718 |
| L610 | -167.92924 | 12.0560 | CAF2 | 43.453 |
| | -93.29791 | .4204 | He | 47.010 |
| L611 | -1270.46545 | 24.2891 | CAF2 | 56.224 |
| | -90.89540 | 1.1471 | He | 58.224 |
| L612 | 266.81271 | 25.6379 | CAF2 | 66.498 |
| | -171.23687 | .3519 | He | 66.755 |
| L613 | 82.41217 | 26.8409 | CAF2 | 61.351 |
| | 529.17259 | A .5132 | He | 60.098 |
| L614 | 81.87977 | 8.2278 | CAF2 | 50.462 |
| | 64.06536 | 22.9801 | He | 44.346 |
| L615 | -259.83061 | 3.3437 | SIO2 | 43.473 |
| | 124.29419 | 13.5357 | He | 40.266 |
| L616 | -197.29109 | 3.0000 | SIO2 | 39.809 |
| | 87.83707 | 24.5613 | He | 39.571 |
| L617 | -64.97274 | 4.6170 | SIO2 | 40.050 |
| | 1947.71288 | 9.3909 | He | 49.830 |
| L618 | -182.16003 | 7.8052 | CAF2 | 51.480 |
| | -118.82950 | .3753 | He | 53.449 |
| L619 | -633.93522 | 19.7976 | CAF2 | 63.119 |
| | -115.14087 | .3706 | He | 64.793 |
| L620 | 2647.04517 | 19.8039 | CAF2 | 75.458 |
| | -197.41705 | 2.7167 | He | 76.413 |
| L621 | 668.45083 | 30.1057 | CAF2 | 81.369 |
| | -322.45899 | .0001 | He | 82.659 |
| | UNENDL | .3948 | He | 82.583 |
| | BLENDE | .0000 | | 82.583 |
| L622 | 395.84774 | 16.8734 | CAF2 | 83.488 |
| | -635.79877 | .3500 | He | 83.449 |
| L623 | 165.28880 | 28.1341 | CAF2 | 80.761 |
| | -698.21798 | 15.6657 | He | 80.133 |

| | | | | |
|------|------------|----------|------------------|--------|
| L624 | -175.54365 | 7.9803 | SiO ₂ | 79.485 |
| | -571.27581 | 9.7972 | He | 78.592 |
| L625 | -265.73712 | 11.6714 | CAF2 | 78.015 |
| | -156.05301 | .3500 | He | 78.036 |
| L626 | 79.45912 | 22.6348 | CAF2 | 60.151 |
| | 199.26460 | .3500 | He | 57.925 |
| L627 | 67.01872 | 15.8836 | CAF2 | 48.063 |
| | 140.01631 | 8.6050 | He | 45.305 |
| L628 | 2265.71693 | A 4.0939 | SiO ₂ | 43.177 |
| | 167.06050 | 2.0915 | He | 38.352 |
| L629 | 102.24013 | 24.5664 | CAF2 | 34.878 |
| | 662.00756 | 9.4740 | N ₂ | 22.044 |
| | UNENDL | .0001 | N ₂ | 7.166 |
| | UNENDL | | | 7.166 |

Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

$$\begin{aligned} EX &= -0,7980946 \cdot 10^2 \\ C_1 &= -0,21353640 \cdot 10^{-6} \\ C_2 &= 0,56257 \cdot 10^{10} \\ C_3 &= -0,39122939 \cdot 10^{-14} \\ C_4 &= -0,24089766 \cdot 10^{-18} \\ C_5 &= 0,30268982 \cdot 10^{-22} \\ C_6 &= 0,1437923 \cdot 10^{-25} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

$$\begin{aligned} EX &= 0,1660595 \cdot 10^1 \\ C_1 &= -0,12449719 \cdot 10^{-7} \\ C_2 &= -0,39565 \cdot 10^{-10} \\ C_3 &= -0,10241741 \cdot 10^{-14} \\ C_4 &= -0,19631485 \cdot 10^{-17} \\ C_5 &= 0,11604236 \cdot 10^{-20} \\ C_6 &= -0,4669584 \cdot 10^{-24} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

$$\begin{aligned} EX &= 0,1614147 \cdot 10^0 \\ C_1 &= 0,14130608 \cdot 10^{-7} \\ C_2 &= -0,9747553 \cdot 10^{-11} \\ C_3 &= 0,20478684 \cdot 10^{-15} \\ C_4 &= -0,17732262 \cdot 10^{-18} \\ C_5 &= 0,29715991 \cdot 10^{-22} \\ C_6 &= -0,19032581 \cdot 10^{-26} \end{aligned}$$

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

$$EX = 0$$

$$C_1 = -0,18139679 \cdot 10^{-7}$$

$$C_2 = 0,26109069 \cdot 10^{-11}$$

$$C_3 = 0,23340548 \cdot 10^{-14}$$

$$C_4 = 0,29943791 \cdot 10^{-17}$$

$$C_5 = -0,13596787 \cdot 10^{-20}$$

$$C_6 = 0,21788235 \cdot 10^{-24}$$

Patentansprüche:

1. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie mit einer Linsenanordnung, bestehend aus
einer ersten Linsengruppe (LG1) positiver Brechkraft,
einer zweiten Linsengruppe (LG2) negativer Brechkraft,
einer dritten Linsengruppe (LG3) positiver Brechkraft,
einer vierten Linsengruppe (LG4) negativer Brechkraft,
einer fünften Linsengruppe (LG5) positiver Brechkraft und
einer sechsten Linsengruppe (LG6) positiver Brechkraft,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Linse am Ende der zweiten Linsengruppe (LG2), insbesondere die letzten Linse der zweiten Linsengruppe, oder eine Linse am Anfang der dritten Linsengruppe (LG3), insbesondere die erste Linse der dritten Linsengruppe, eine asphärische Oberfläche (27) aufweist.
2. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Linsensystem (19) insgesamt nur eine Linse (L110) mit einer asphärischen Oberfläche (27) aufweist.
3. Projektionsobjektiv mit einer mindestens eine erste Taille des Lichtbündels aufweisenden Linsenanordnung, dadurch gekennzeichnet, daß eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) vor und/oder eine Linse (L210, L310, L409, L509, L609) mit einer asphärischen Oberfläche (27) nach der ersten Taille (23) angeordnet ist.
4. Projektionsobjektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den die asphärischen Oberflächen (27, 29) tragenden Linsen (L205 und L210, L305 und L310, L405 und L409, L505 und L509, L605 und L609) zumindest zwei sphärische Linsen (L206-L209; L306-L309, L406-L408, L506-L508, L606-L608), angeordnet sind.

5. Projektionsobjektiv nach Anspruch 3, wobei die Linsenanordnung eine erste Linsengruppe (LG1) positiver Brechkraft, eine zweite Linsengruppe (LG2) negativer Brechkraft, eine dritte Linsengruppe (LG3) negativer Brechkraft, eine vierte Linsengruppe (LG4) negativer Brechkraft und eine fünfte und sechste Linsengruppe (LG5, LG6) mit jeweils positiver Brechkraft aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linsengruppe (LG1) eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) aufweist.
6. Projektionsobjektiv und nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zweiten Linsengruppe (LG2) vor der Taille (23) eine asphärische Linse (29) angeordnet ist.
7. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der Ansprüche 3 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Linsengruppe (LG3) eine asphärische Fläche (27, 33) aufweist.
8. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der Ansprüche 3 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Linsengruppe (LG2) eine nach der Taille (23) angeordnete asphärische Oberfläche (27) aufweist.
9. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die sechste Linsengruppe (LG 6) als erste Linse eine mit einer asphärischen Oberfläche (31) versehenen Linse (L328, L528, L628) aufweist.
10. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, 2, 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine letzte Linse (L513) der dritten Linsengruppe (LG3) eine asphärische Oberfläche (33) aufweist.
11. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (Figur 1, Figur 3, Figur 6) einen maximalen Linsendurchmesser von 280, vorzugsweise 250 mm nicht überschreitet.

12. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) bildseitig eine numerische Apertur von mindestens 0,75, vorzugsweise 0,8, aufweist.
13. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) mindestens 2 verschiedene Materialien, insbesondere Quarzglas und ein Fluorid oder 2 Fluoride, aufweist.
14. Projektionsobjektiv nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die letzten zwei positiven Linsen (L120 und L121, L619-L621) vor der Aperturblende aus CaF_2 sind.
15. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) zur Bildung eines Achromaten (37) eine positive Linse (39) aus CaF_2 aufweist, auf die eine Negativlinse (41) aus Quarzglas folgt.
16. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die sechste Linsengruppe (LG6) eine Linse (L129, L629), vorzugsweise die letzte Linse (L629) der Linsenanordnung (19), aus CaF_2 aufweist.
17. Refraktives mikrolithographisches Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung, mit zumindestens einer Linse mit einer asphärischen Linsenoberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß alle asphärischen Linsenoberflächen (27, 29, 31, 33) einen Scheitelradius (R) von mindestens 300 mm, vorzugsweise von 350 bis 1000 mm und nach oben unbeschränkt, aufweisen.
18. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der asphärischen Linsenoberflächen (27, 29, 31, 33) kleiner als 90 %, insbesondere kleiner als 80 %, des maximalen Durchmesser der Linsenanordnung (19) ist.

19. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Projektionsobjektiv (5) nach zumindestens einem der Ansprüche 1 bis 16 enthält.
20. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie mit einem Excimerlaser als Lichtquelle, der Strahlung von kürzerer Wellenlänge als 250 nm abgibt, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Projektionsobjektiv (5) nach zumindestens einem der Ansprüche 14 bis 16 umfaßt.
21. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der Ansprüche 1-18, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) objektivausgangsseitig eine hohe numerische Apertur aufweist, die vorzugsweise im Bereich 0,85 liegt, wobei bei allen Linsen (L501-L529) der Linsenanordnung (19) die Sinus-Werte aller Inzidenzwinkel der auf die jeweilige Linse (L501-L529) auftreffenden Strahlung immer kleiner sind als die numerische Apertur der Linsenanordnung (19).
22. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, daß der maximale Durchmesser der dritten Linsengruppe (G3) mindestens 10% kleiner ist als der maximale Durchmesser der fünften Linsengruppe (G5).
23. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine asphärische Linsenoberfläche (27, 29, 31, 33) mit einer Winkelbelastung von mindestens $\sin i = 0,75$ beaufschlagt wird.
24. Verfahren zur Herstellung mikrostrukturierter Bauteile, bei dem ein mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenes Substrat mittels einer Maske und einer Projektionsbelichtungsanlage mit einer Linsenanordnung (19) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18 durch ultraviolettes Laserlicht belichtet wird und

gegebenenfalls nach Entwickeln der lichtempfindlichen Schicht entsprechend einem auf der Maske enthaltenen Muster strukturiert wird.

1/13

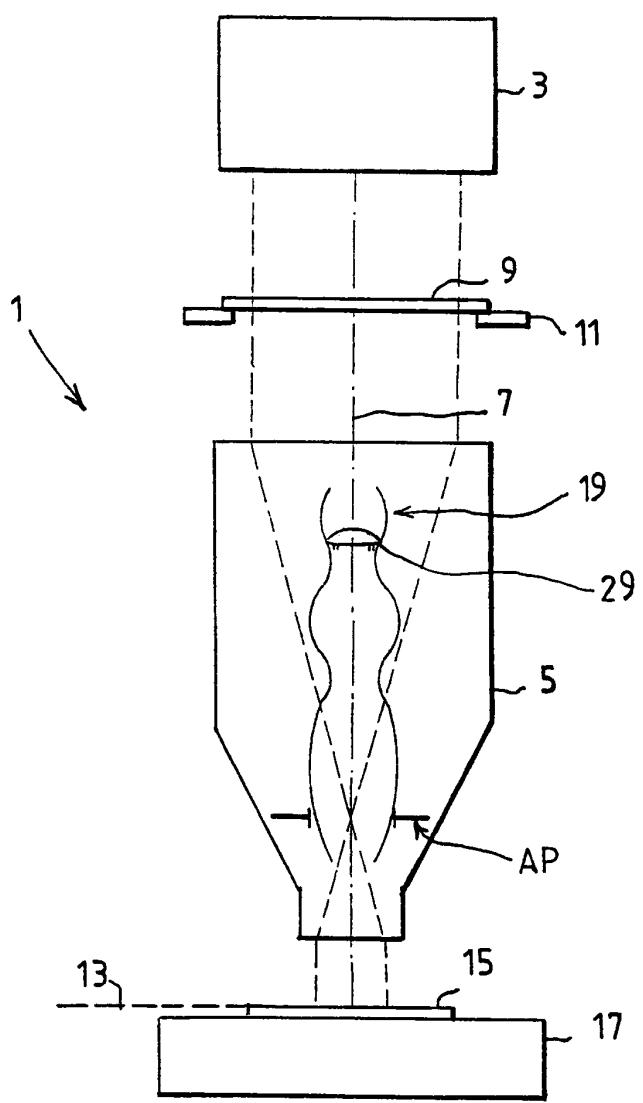
FIG. 1

FIG. 2

19

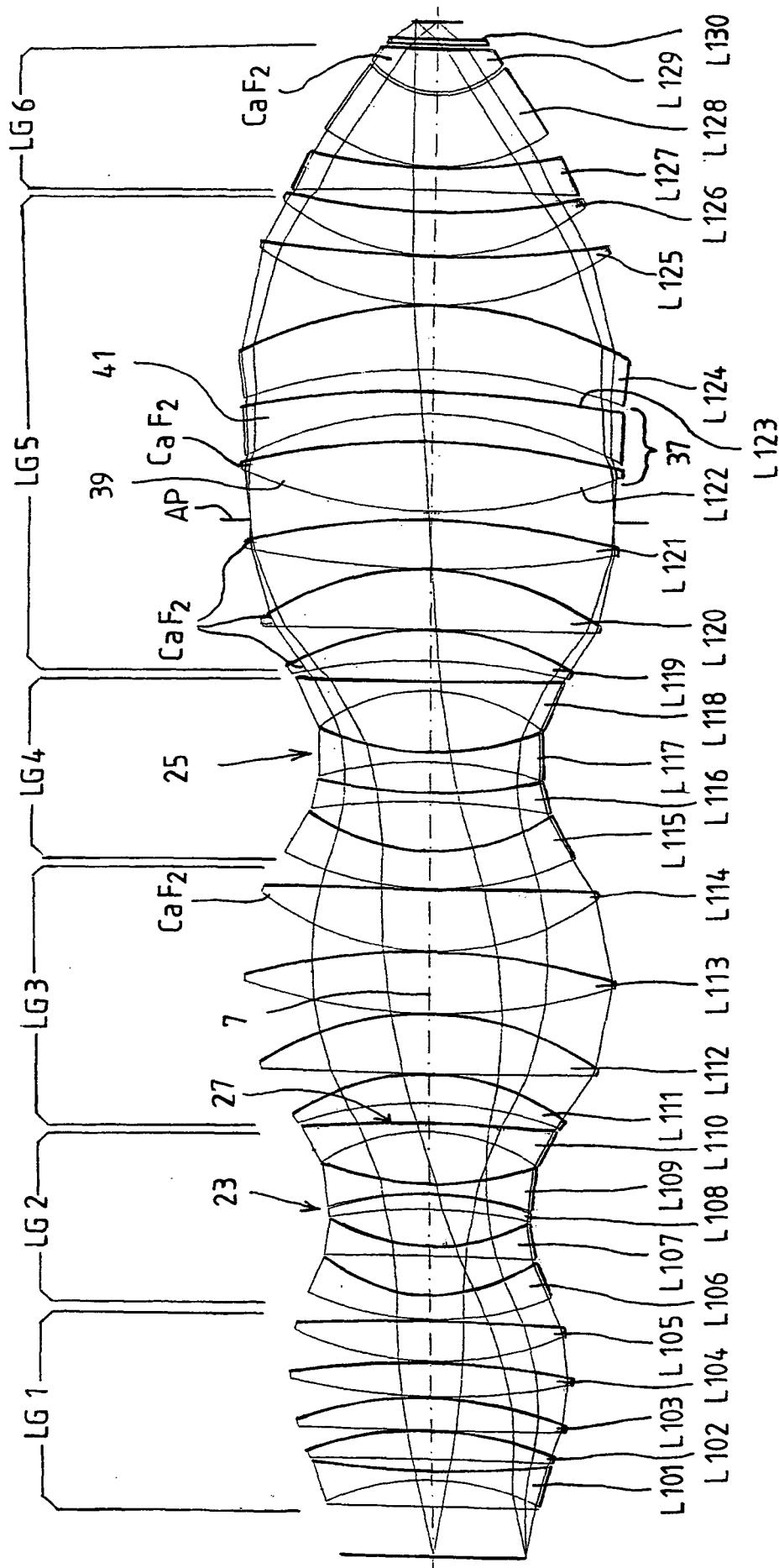


FIG. 3

19

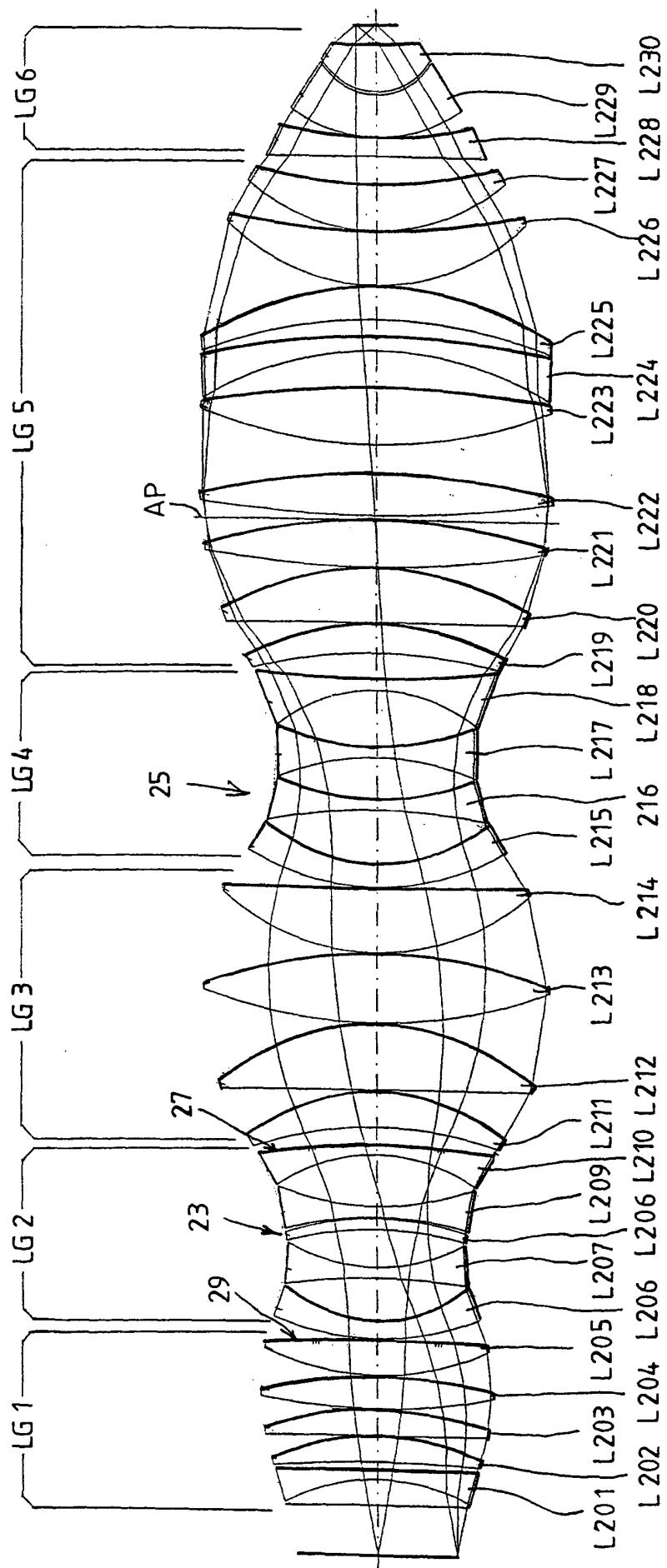
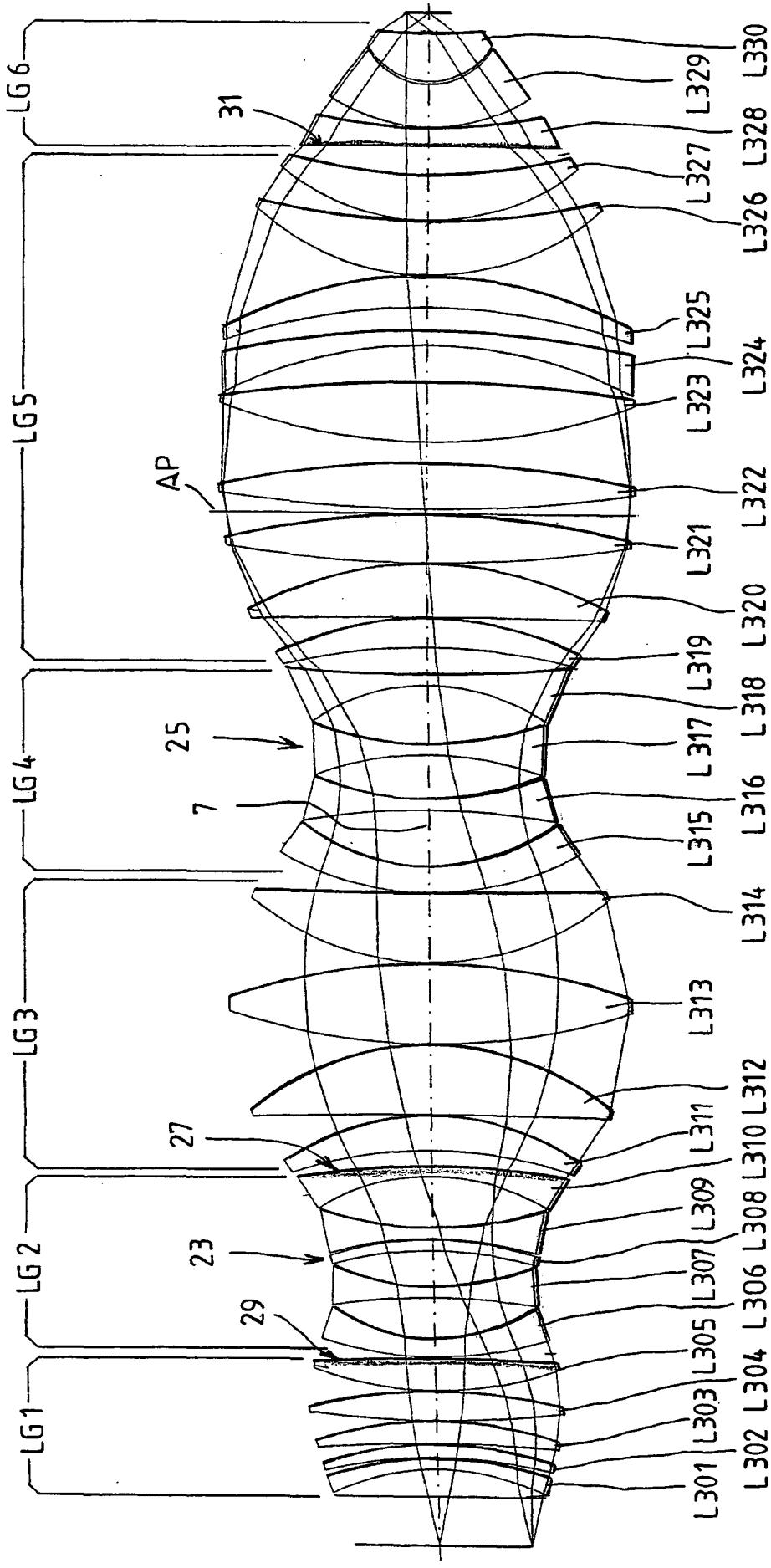
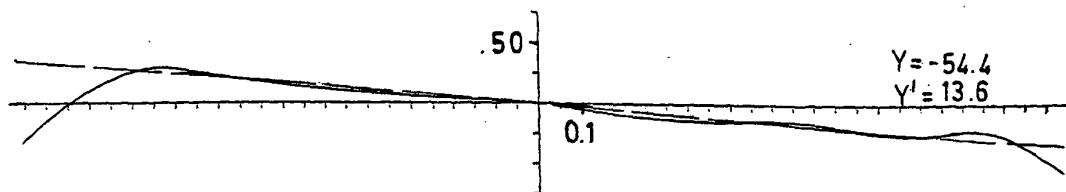
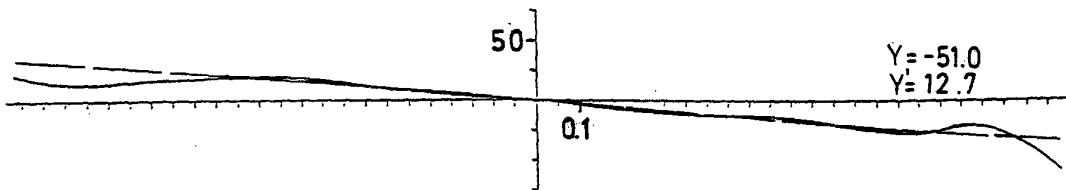
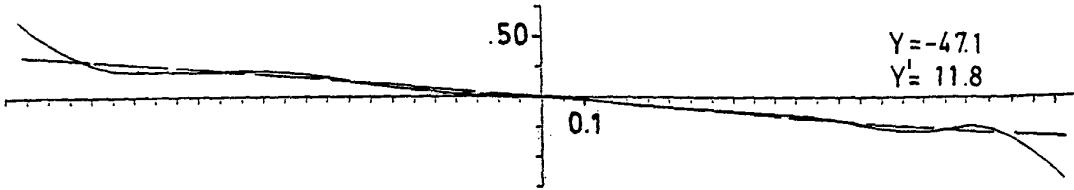


FIG. 4

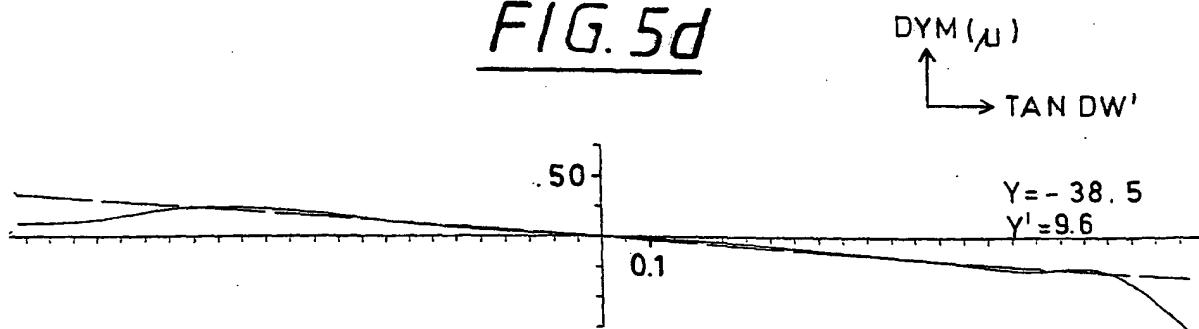
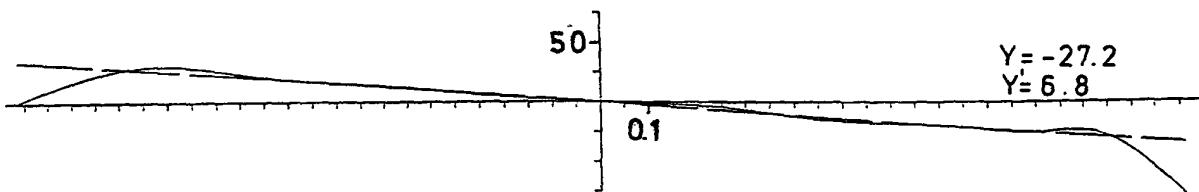
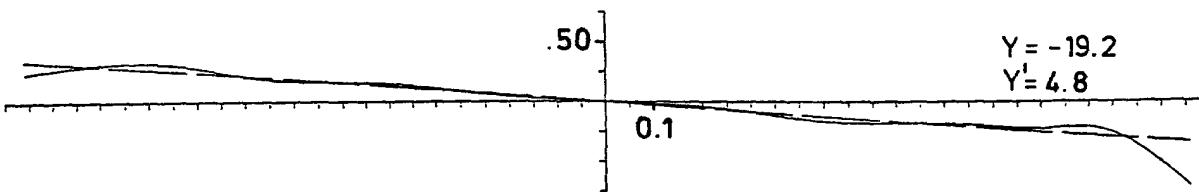
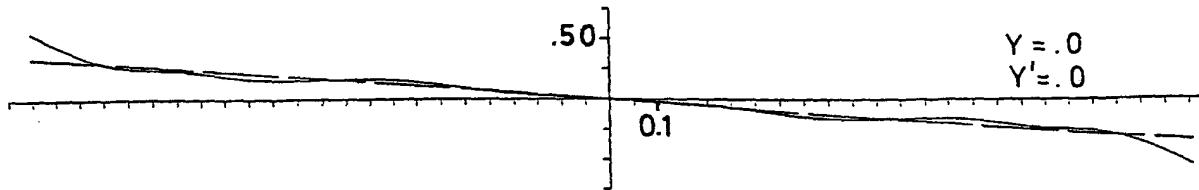
19



5/13

FIG. 5aFIG. 5bFIG. 5c

6 / 13

FIG. 5dFIG. 5eFIG. 5fFIG. 5g

7/13

DZS (μ)
↑
TAN DW¹

FIG. 6a

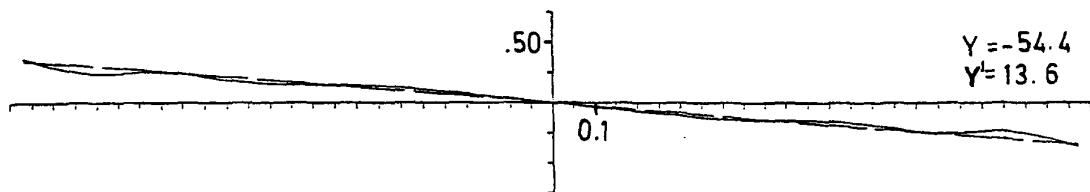


FIG. 6b

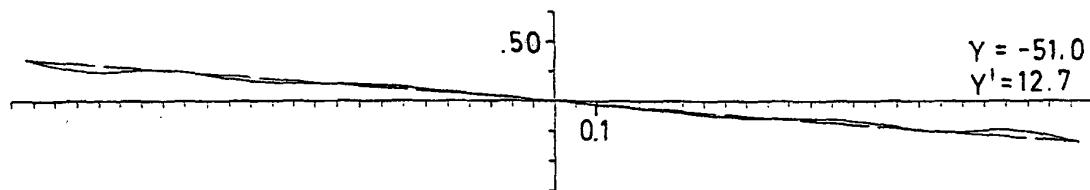
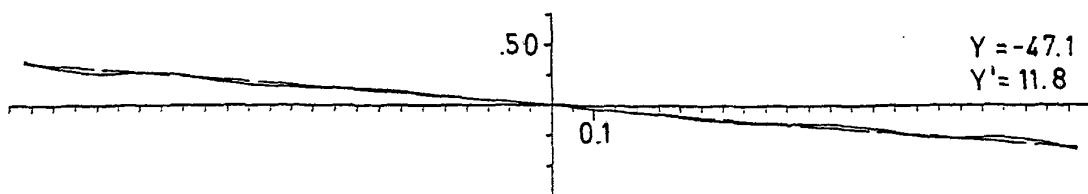


FIG. 6c



8 / 13

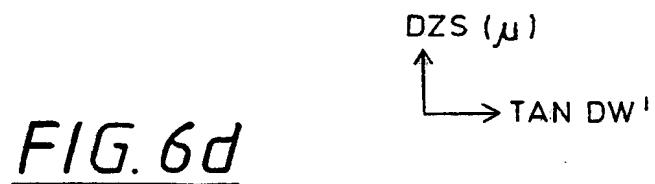


FIG. 6e

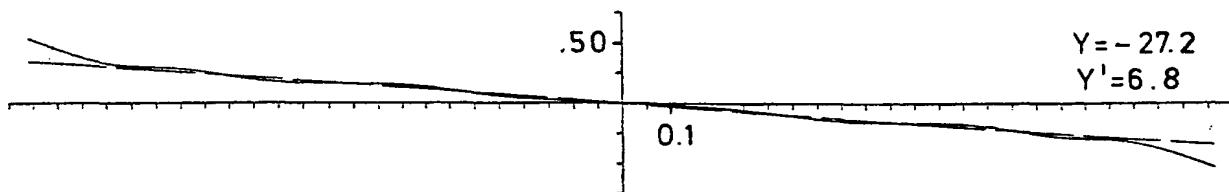


FIG. 6f

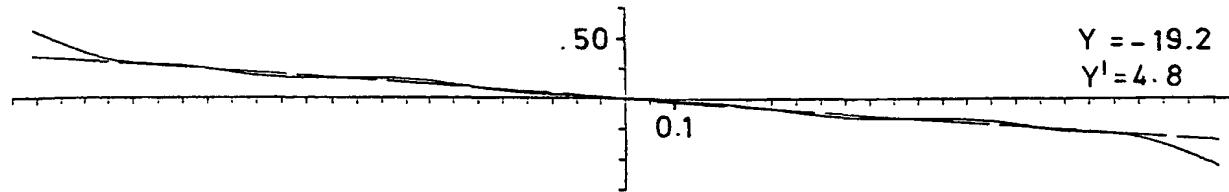
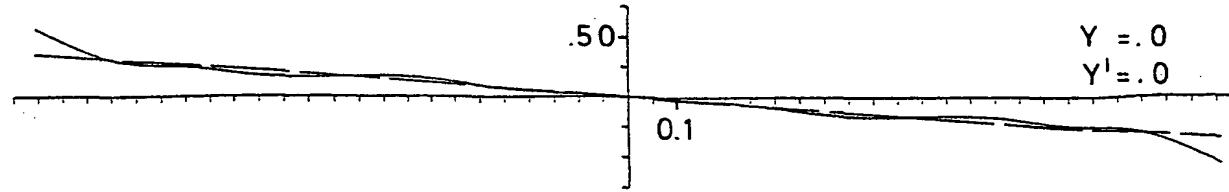
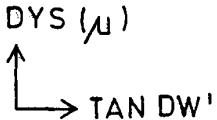


FIG. 6g



9/13

FIG. 7a



DYS (μ)
TAN DW

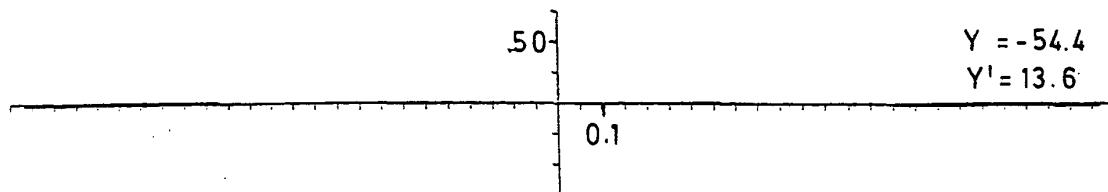


FIG. 7b

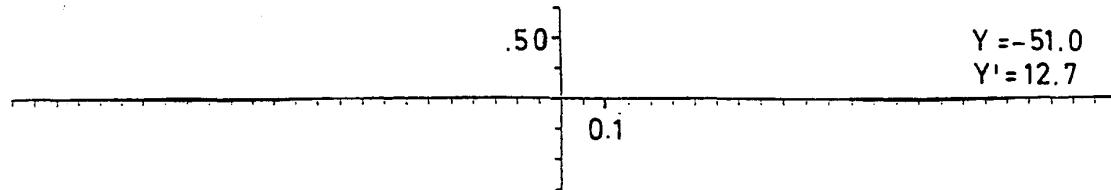
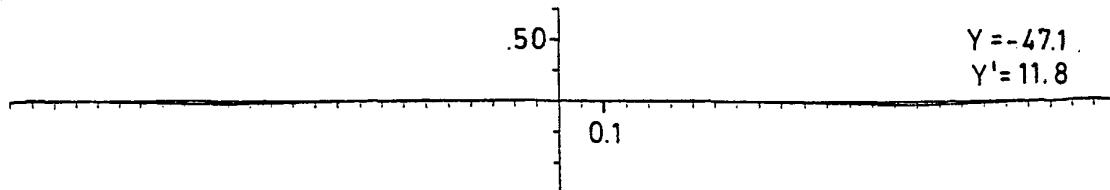


FIG. 7c



10/13

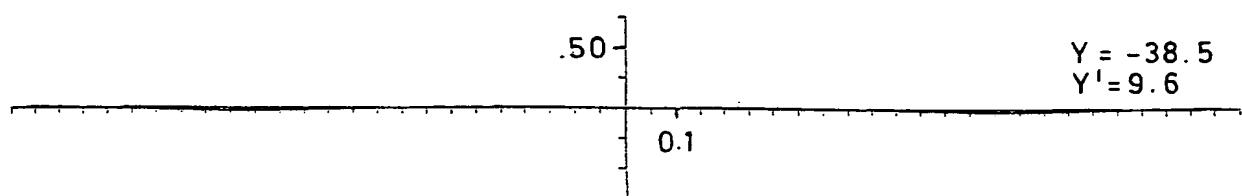
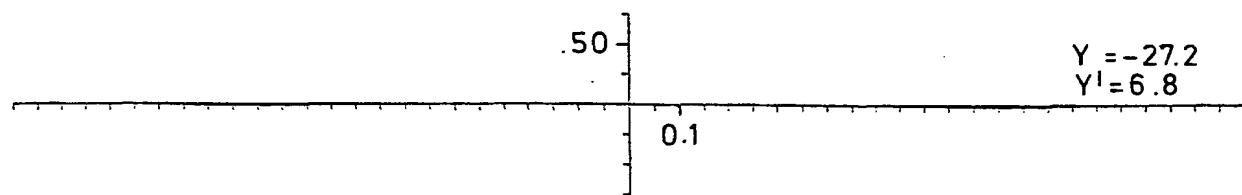
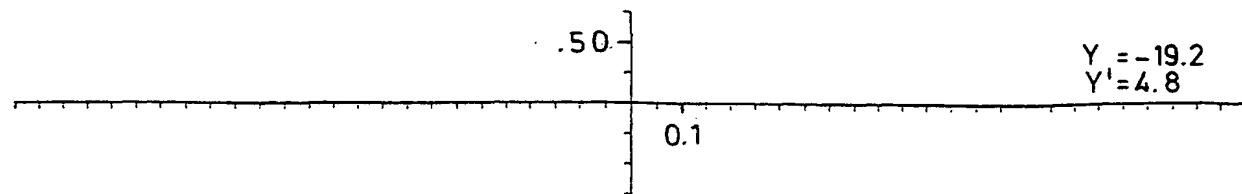
FIG. 7dFIG. 7eFIG. 7f

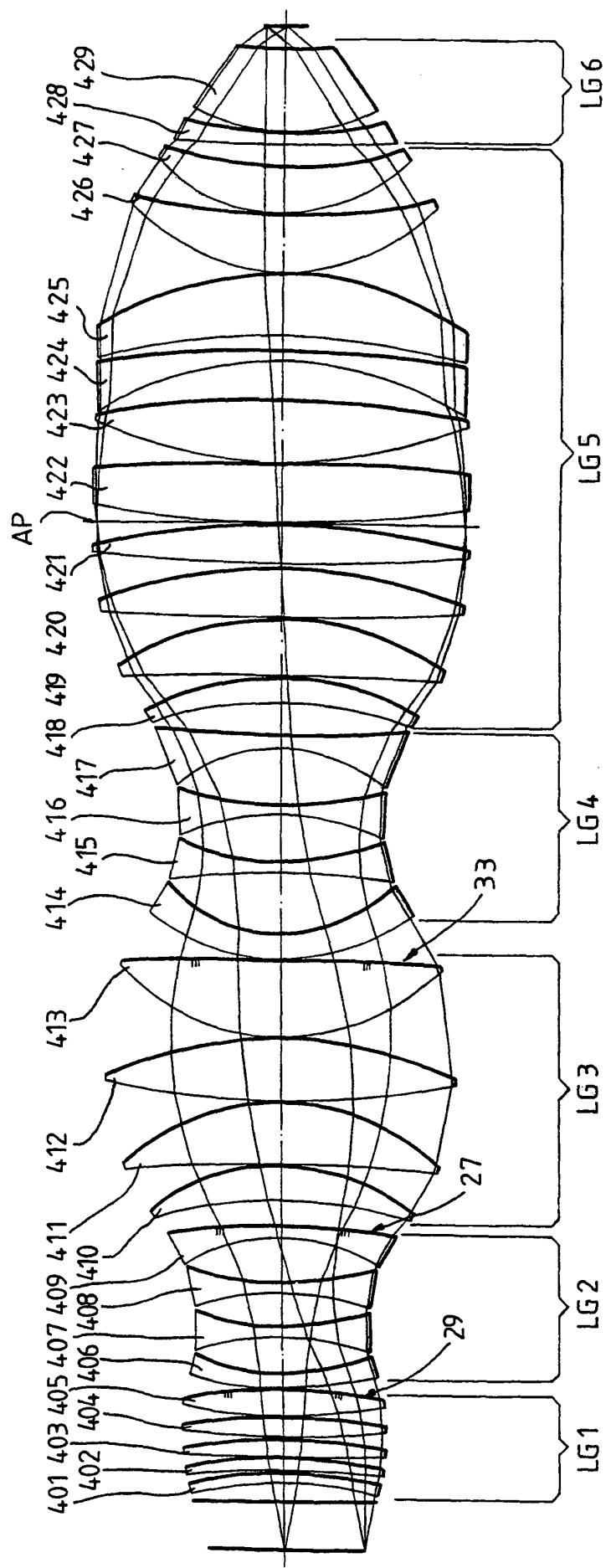
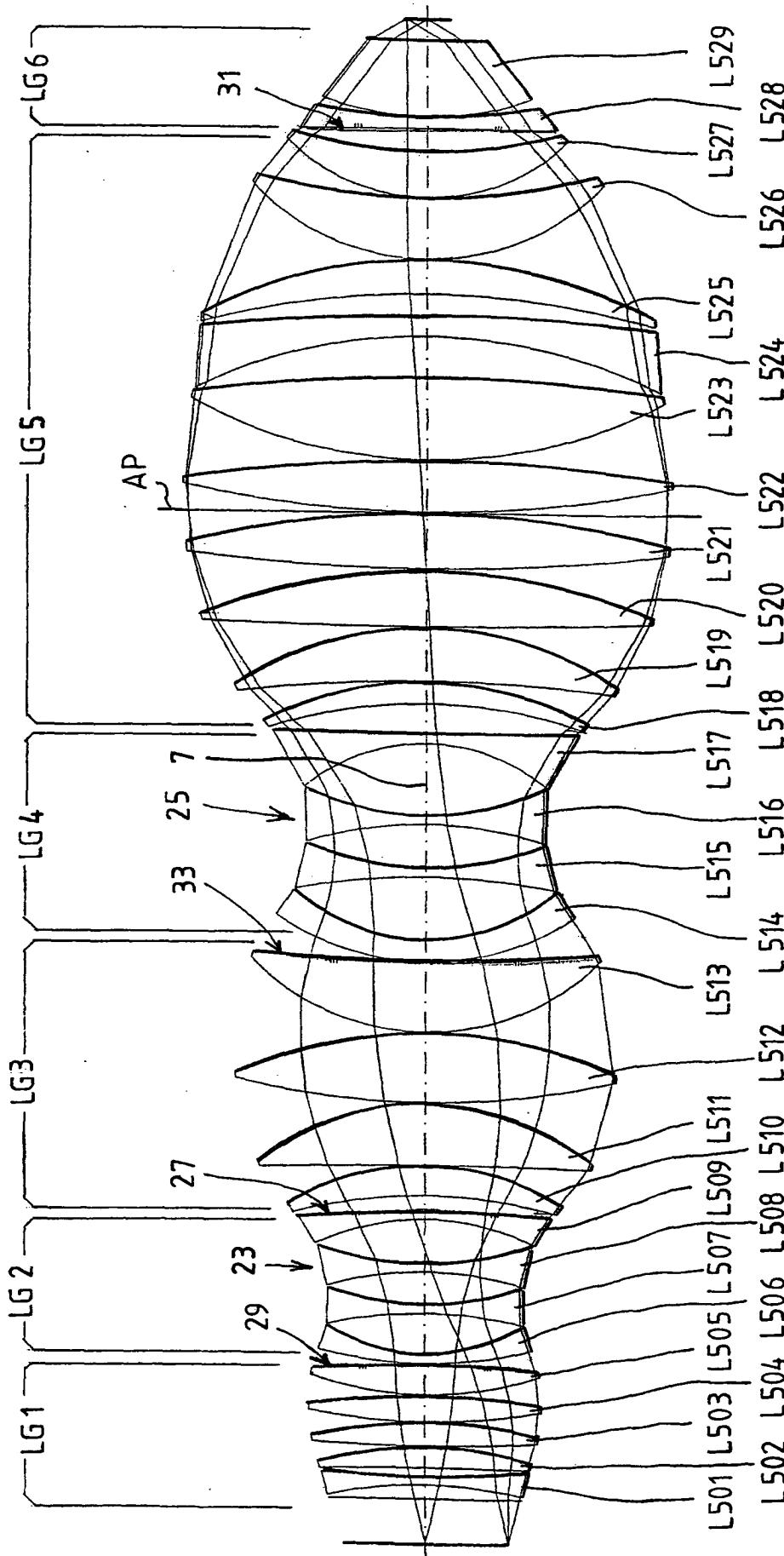
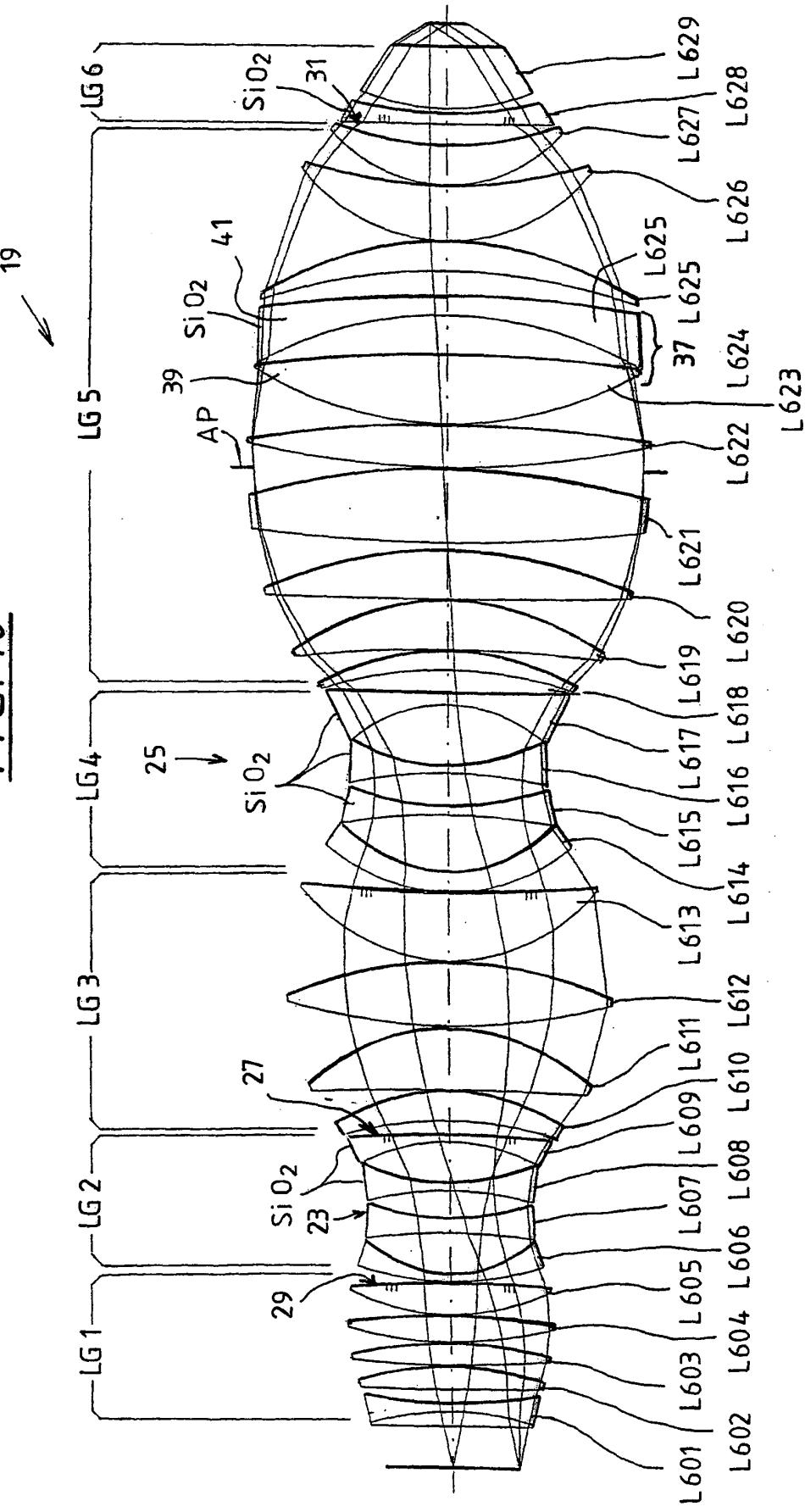
FIG. 8

FIG. 919
→

13 / 13

FIG. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/10233

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|---|
| X | US 5 099 361 A (YAMAMOTO YOSHIHARU ET AL) 24 March 1992 (1992-03-24) column 3, line 9 - line 33 column 4, line 26 - line 46 abstract; figure 1; table 1 ----- | 3,4,6-8, 10,12 11,22 |
| X | FR 2 288 322 A (EASTMAN KODAK CO) 14 May 1976 (1976-05-14) page 1, line 1 - line 3 page 2, line 1 - line 18 page 3, line 34 - line 37 figure 1; table 1 ----- | 3,7,13, 18 |
| X | US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 1, line 9 - line 17 column 13, line 56 -column 14, line 5 column 17, line 32 -column 20, line 52 column 22, line 28 -column 29, line 12 abstract; figures 4-8,13,14 ----- | 3,13,18, 19,24 15,16 2,14,20, 21,23 |
| Y | US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21 November 1995 (1995-11-21) column 2, line 2 - line 8 column 2, line 30 - line 42 column 2, line 61 -column 3, line 45 abstract; table 1 ----- | 15,16 |
| A | EP 0 869 382 A (NIPPON KOGAKU KK) 7 October 1998 (1998-10-07) page 4, line 5 -page 7, line 47 abstract; figures 8,11; tables 3,4 ----- | 13,14,20 1,5, 13-16,24 |
| A | EP 0 857 985 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 12 August 1998 (1998-08-12) column 1, line 17 - line 52 column 2, line 36 - line 42 ----- | 13-16 |
| A | DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25 June 1998 (1998-06-25) page 2, line 60 -page 4, line 19 abstract; figures 1-5 ----- | 1,21,23, 24 |
| A | US 5 396 367 A (ONO SHUSUKE ET AL) 7 March 1995 (1995-03-07) column 6, line 24 -column 7, line 1 abstract ----- | 21,23 |
| A | EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9 July 1997 (1997-07-09) page 3, line 30 -page 4, line 31 page 5, line 1 - line 17 abstract figures 1,2; table 1 ----- | 21,23 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 99/10233

| Patent document cited in search report | Publication dat | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|-----------------|--|---|--|
| DE 19818444 A | 29-10-1998 | JP US | 11006957 A 6008884 A | 12-01-1999 28-12-1999 |
| JP 11097347 A | 09-04-1999 | US | 5990926 A | 23-11-1999 |
| US 5099361 A | 24-03-1992 | JP JP DE DE EP KR KR | 2228620 A 2548359 B 69023523 D 69023523 T 0385698 A 9400772 B 9400184 B | 11-09-1990 30-10-1996 21-12-1995 13-06-1996 05-09-1990 29-01-1994 08-01-1994 |
| FR 2288322 A | 14-05-1976 | US DE | 3972592 A 2546930 A | 03-08-1976 29-04-1976 |
| US 5805344 A | 08-09-1998 | EP JP | 0712019 A 8179204 A | 15-05-1996 12-07-1996 |
| US 5469299 A | 21-11-1995 | JP | 4230718 A | 19-08-1992 |
| EP 0869382 A | 07-10-1998 | JP | 10282411 A | 23-10-1998 |
| EP 0857985 A | 12-08-1998 | DE JP | 19704936 A 10239501 A | 13-08-1998 11-09-1998 |
| DE 19653983 A | 25-06-1998 | WO EP | 9828644 A 0888570 A | 02-07-1998 07-01-1999 |
| US 5396367 A | 07-03-1995 | JP JP DE DE EP | 5297275 A 6130297 A 69306645 D 69306645 T 0566073 A | 12-11-1993 13-05-1994 30-01-1997 12-06-1997 20-10-1993 |
| EP 0783137 A | 09-07-1997 | DE JP US | 19548805 A 9197270 A 5982558 A | 03-07-1997 31-07-1997 09-11-1999 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Jonales Aktenzeichen

PCT/EP 99/10233

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G03F7/20 G02B13/18 G02B13/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprässtoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)
IPK 7 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprässtoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|---|
| X | DE 198 18 444 A (NIPPON KOGAKU KK) 29. Oktober 1998 (1998-10-29) in der Anmeldung erwähnt | 1-8, 10, 12, 18, 19, 24 |
| Y | Seite 2, Zeile 3 - Zeile 44 | 15, 16 |
| A | Seite 3, Zeile 24 -Seite 4, Zeile 18 | 9, 11, 14, 17, 20-23 |
| | Beispiele 2-9; Tabellen 2-9 Abbildungen 1-18 | |
| X | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 09, 30. Juli 1999 (1999-07-30) -& JP 11 097347 A (NIKON CORP), 9. April 1999 (1999-04-09) Abbildungen 1,4,7,10,13,16; Tabellen 1-6 | 1, 3, 7, 9, 10, 17 |
| A | | 2, 4-6, 8, 11, 12, 18-20, 22, 24 |
| | | -/- |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipes oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Rechercheberichts

11. Mai 2000

02/06/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Narganes-Quijano, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Altenzeichen

PCT/EP 99/10233

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|----------------------|
| X | US 5 099 361 A (YAMAMOTO YOSHIHARU ET AL) 24. März 1992 (1992-03-24) | 3, 4, 6-8, 10, 12 |
| A | Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 33 Spalte 4, Zeile 26 - Zeile 46 Zusammenfassung; Abbildung 1; Tabelle 1 | 11, 22 |
| X | FR 2 288 322 A (EASTMAN KODAK CO) 14. Mai 1976 (1976-05-14) Seite 1, Zeile 1 - Zeile 3 Seite 2, Zeile 1 - Zeile 18 Seite 3, Zeile 34 - Zeile 37 Abbildung 1; Tabelle 1 | 3, 7, 13, 18 |
| X | US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8. September 1998 (1998-09-08) | 3, 13, 18, 19, 24 |
| Y | Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 17 | 15, 16 |
| A | Spalte 13, Zeile 56 - Spalte 14, Zeile 5 Spalte 17, Zeile 32 - Spalte 20, Zeile 52 Spalte 22, Zeile 28 - Spalte 29, Zeile 12 Zusammenfassung; Abbildungen 4-8, 13, 14 | 2, 14, 20, 21, 23 |
| Y | US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21. November 1995 (1995-11-21) | 15, 16 |
| A | Spalte 2, Zeile 2 - Zeile 8 Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 42 Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 3, Zeile 45 Zusammenfassung; Tabelle 1 | 13, 14, 20 |
| A | EP 0 869 382 A (NIPPON KOGAKU KK) 7. Oktober 1998 (1998-10-07) Seite 4, Zeile 5 - Seite 7, Zeile 47 Zusammenfassung; Abbildungen 8, 11; Tabellen 3, 4 | 1, 5, 13-16, 24 |
| A | EP 0 857 985 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 12. August 1998 (1998-08-12) Spalte 1, Zeile 17 - Zeile 52 Spalte 2, Zeile 36 - Zeile 42 | 13-16 |
| A | DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Seite 2, Zeile 60 - Seite 4, Zeile 19 Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 | 1, 21, 23, 24 |
| A | US 5 396 367 A (ONO SHUSUKE ET AL) 7. März 1995 (1995-03-07) Spalte 6, Zeile 24 - Spalte 7, Zeile 1 Zusammenfassung | 21, 23 |
| | | -/- |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Jonales Aktenzeichen

PCT/EP 99/10233

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9. Juli 1997 (1997-07-09) Seite 3, Zeile 30 -Seite 4, Zeile 31 Seite 5, Zeile 1 - Zeile 17 Zusammenfassung Abbildungen 1,2; Tabelle 1 _____ | 21,23 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/10233

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(e) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|----------------------------|--|---|--|
| DE 19818444 A | 29-10-1998 | JP US | 11006957 A 6008884 A | 12-01-1999 28-12-1999 |
| JP 11097347 A | 09-04-1999 | US | 5990926 A | 23-11-1999 |
| US 5099361 A | 24-03-1992 | JP JP DE DE EP KR KR | 2228620 A 2548359 B 69023523 D 69023523 T 0385698 A 9400772 B 9400184 B | 11-09-1990 30-10-1996 21-12-1995 13-06-1996 05-09-1990 29-01-1994 08-01-1994 |
| FR 2288322 A | 14-05-1976 | US DE | 3972592 A 2546930 A | 03-08-1976 29-04-1976 |
| US 5805344 A | 08-09-1998 | EP JP | 0712019 A 8179204 A | 15-05-1996 12-07-1996 |
| US 5469299 A | 21-11-1995 | JP | 4230718 A | 19-08-1992 |
| EP 0869382 A | 07-10-1998 | JP | 10282411 A | 23-10-1998 |
| EP 0857985 A | 12-08-1998 | DE JP | 19704936 A 10239501 A | 13-08-1998 11-09-1998 |
| DE 19653983 A | 25-06-1998 | WO EP | 9828644 A 0888570 A | 02-07-1998 07-01-1999 |
| US 5396367 A | 07-03-1995 | JP JP DE DE EP | 5297275 A 6130297 A 69306645 D 69306645 T 0566073 A | 12-11-1993 13-05-1994 30-01-1997 12-06-1997 20-10-1993 |
| EP 0783137 A | 09-07-1997 | DE JP US | 19548805 A 9197270 A 5982558 A | 03-07-1997 31-07-1997 09-11-1999 |

